

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

4)  
AE

(11)Publication number : 2001-320099

(43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl. H01L 41/083  
H01L 41/08  
H01L 41/187  
H01L 41/22  
H02N 2/00

(21)Application number : 2000-182354

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 16.06.2000

(72)Inventor : TAKEUCHI YUKIHISA  
SHIBATA KAZUYOSHI  
IKEDA KOJI

## (30)Priority

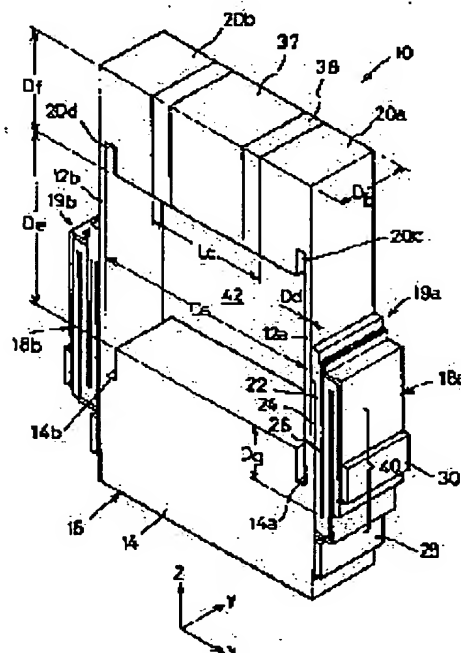
Priority number : 11281522	Priority date : 01.10.1999	Priority country : JP
11307844	28.10.1999	JP
11326195	16.11.1999	JP
11371967	27.12.1999	JP
2000013576	21.01.2000	JP
2000015123	24.01.2000	JP
2000056434	01.03.2000	JP

## (54) PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND METHOD OF ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance impact resistance of a device.

SOLUTION: The piezoelectric/electrostrictive device 10 comprises a pair of thin plate parts 12a, 12b disposed oppositely, and a fixed part 14 for supporting the thin plate parts 12a, 12b wherein the pair of thin plate parts 12a, 12b are arranged, respectively, with piezoelectric/electrostrictive elements 18a, 18b. Movable parts 20a, 20b have end faces 34a, 34b facing each other and air gap parts 20c, 20d are formed, while being filled with a filler, in a border line bonding the thin plate parts 12a, 12b, the fixed part 14, and the movable parts 20a, 20b.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-320099  
(P2001-320099A)

(43)公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	チーノート <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 41/083		H 0 2 N 2/00	B
41/08		H 0 1 L 41/08	N
41/187			Z
41/22		41/18	1 0 1 B
H 0 2 N 2/00			1 0 1 J

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-182354(P2000-182354)

(22)出願日 平成12年6月16日(2000. 6. 16)

(31)優先権主張番号 特願平11-281522

(32)優先日 平成11年10月1日(1999. 10. 1)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平11-307844

(32)優先日 平成11年10月28日(1999. 10. 28)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平11-326195

(32)優先日 平成11年11月16日(1999. 11. 16)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72)発明者 武内 幸久

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72)発明者 柴田 和義

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74)代理人 100078721

弁理士 石田 喜樹

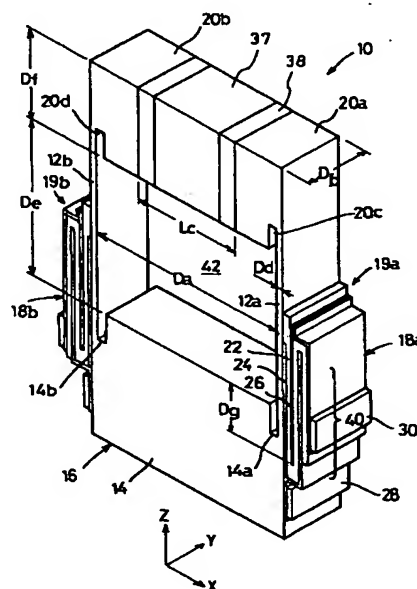
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧電／電歪デバイス及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 デバイスの耐衝撃性を向上させる。

【解決手段】 相対向する一对の薄板部12a及び12bと、これら薄板部12a及び12bを支持する固定部14を具備し、一对の薄板部12a及び12bにそれぞれ圧電／電歪素子18a及び18bが配設された圧電／電歪デバイス10において、可動部20a及び20bは、互いに対向する端面34a及び34bを有し、薄板部12a及び12bと、固定部14、可動部20a及び20bとの接合した境界線に充填物を有した空隙部20c及び20dを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対向する一对の薄板部とこれら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一对の薄板部のうち、少なくとも一つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配置された圧電／電歪デバイスであって、

少なくとも前記薄板部と可動部あるいは、前記薄板部と固定部との間の空隙部に充填物を配置することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項2】 請求項1記載の充填物が、前記薄板部と前記可動部あるいは、前記薄板部と前記固定部との面で接着作用を有していることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項3】 請求項1又は2記載の充填物が、粘弾性の性質を有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項4】 相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一对の薄板部のうち少なくとも一つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配置された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、前記薄板部となる第1のセラミックグリーンシートと第1の窓部を有する第2のセラミックグリーンシートと前記第1の窓部よりも小さな窓部を有する第3のセラミックグリーンシートとを準備する成形工程と、少なくとも第2のセラミックグリーンシートを第1及び第3のセラミックグリーンシートの間に挟んで、複数のセラミックグリーンシートの積層体を作製する工程とを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項5】 相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一对の薄板部のうち少なくとも一つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配置された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、前記薄板部となる第1のセラミックグリーンシートと窓部を有する第2のセラミックグリーンシートとを準備する成形工程と、第1のセラミックグリーンシートと第2のセラミックグリーンシートの間に、高融点金属を含むシートを挟んで積層する工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項6】 請求項5記載の高融点金属を含むシートが、印刷成形法で形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電／電歪素子の変位動作に基づいて作動する可動部を備えた圧電／電歪デバイス、もしくは可動部の変位を圧電／電歪素子により検出できる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関し、詳しくは、強度、耐衝撃性、耐湿性に優れ、効率よ

く可動部を大きく作動させることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近時、光学や磁気記録、精密加工等の分野において、サブミクロンオーダーで光路長や位置を調整可能な変位素子が必要とされており、圧電／電歪材料（例えば強誘電体等）に電圧を印加したときに惹起される逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子の開発が進められている。

10 【0003】従来、このような変位素子としては、例えば特開平10-136665号公報のように圧電／電歪材料からなる材料を板状体に孔部を設けることにより、固定部と可動部とこれらを支持する梁部とを一体に形成し、更に、梁部に電極層を設けた圧電アクチュエータが開示されている。この圧電アクチュエータにおいては、電極層に電圧を印加すると、逆圧電効果や電歪効果により、梁部が固定部と可動部とを結ぶ方向に伸縮するため、可動部を板状体の面内において弧状変位又は回転変位させることが可能である。

20 【0004】また、特開昭63-64640号公報には、バイモルフを用いたアクチュエータに関して、そのバイモルフの電極を分割して設け、分割された電極を選択して駆動することにより、高精度な位置決めを高速に行う技術が開示され、この公報（特に第4図）には、例えば2枚のバイモルフを対向させて使用する構造が示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これら従来のアクチュエータは、すべての部分を脆弱で比較的重い材料によって構成しているため、機械的強度が低く、ハンドリング性、耐衝撃性に劣る問題点があった。また、これらのアクチュエータの機械的強度を改良する場合、振動しやすい部分の強度を向上させる事が従来から行われる。そして、これを達成するため、振動部の剛性を高める方向の改良を行う事となり、アクチュエータ自体の共振特性・変位等の基本特性に影響を与え、その調整が困難になる問題点があった。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、先に本発明者が出願した特願平11-114669号、特願平11-259006号、特願平11-259007号に記載した、力センサの耐衝撃性を改良する事に基づいて、想到したものである。更に、米国出願09/501162号に記載した、圧電体を利用した力センサについて、支台の下面に形成した細溝に粘弾性体を配置することで、作用体に加わる外的衝撃を吸収しやすくなり、もって振動板の耐衝撃性を改善できることを背景に達成したものである。

50 【0007】そこで、デバイス自体の基本特性への影響を小さくしながら耐衝撃性を向上させるために、請求項

1に係る発明は、相対向する一対の薄板部とこれら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも一つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配置された圧電／電歪デバイスであって、少なくとも前記薄板部と可動部あるいは、前記薄板部と固定部との間の空隙部に充填物を配置する事を特徴とする圧電／電歪デバイスである。これにより、大きな外的衝撃により薄板部が大きな変位を起こしても、薄板部と可動部又は薄板部と固定部の接合した境界線付近に生じた応力が空隙部の充填物に分散され、従来は応力集中により発生した破損が無くなり薄板部の耐衝撃性が向上した。ここで、圧電／電歪デバイスは、圧電／電歪素子により電氣的エネルギーと機械的エネルギーとを相互に変換する素子を包含する概念である。従って、各種アクチュエータや振動子等の能動素子、特に、逆電圧効果や電歪効果による変位を利用した変位素子として最も好適に用いられるほか、加速度センサ素子や衝撃センサ素子等の受動素子としても好適に使用され得る。

【0008】また、充填物の材料は、接着剤等の有機樹脂、ガラス、有機樹脂とセラミックスの混合物、金属、金属とセラミックスの混合物等でよい。また、充填物は多孔質であっても緻密質であっても良く、充填物が固いほど多孔質化していることが好ましく、柔軟度が高いほど緻密化していることが好ましい。また、充填物層は、薄板部と可動部及び固定部と接着していてそれ自体にバネ性又は可撓性を持っていることが好ましい。更に、充填物は、粘弾性体であることが望ましく、粘弾性の性質によって外的衝撃を有効に吸収するからである。充填物を配置する空隙部の形状は、直方形状の他、薄板部に対向する、可動部又は固定部の内面は、階段状又は傾斜状であっても良い。デバイスをグリーンシートにより積層して製造する場合、空隙部を単層又は多層のどちらで形成しても良い。単層の間隔で構成する場合の大きさは、間隔厚さは0.01～0.3mm、間隔深さは0.03～1mmとされ、更に(間隔厚さ)/(間隔深さ)は0.01以上10以下が好ましく、更に0.1以上3以下が好適である。一方、多層の場合、薄板部の長手方向に従って間隔の厚みを向上させることが好ましい。ここで、空隙部の間隔厚さとは、間隔の最小部の長さを指すものであり、必ずしも全面にわたり均一な間隔である必要はなく、入口部あるいは底部の間隔が大きくても構わない。

【0009】また、上記デバイスの製造方法は、相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一対の薄板部のうち少なくとも一つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配置された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、前記薄板部となる第1のセラミックグリーンシートと第1の窓部を有する第2のセラミ

ックグリーンシートと前記第1の窓部よりも小さな窓部を有する第3のセラミックグリーンシートとを準備する成形工程と、少なくとも第2のセラミックグリーンシートを第1及び第3のセラミックグリーンシートの間に挟んで、複数のセラミックグリーンシートの積層体を作製する工程とを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法が好ましい。また、相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一対の薄板部のうち少なくとも一つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配置された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、前記薄板部となる第1のセラミックグリーンシートと窓部を有する第2のセラミックグリーンシートとを準備する成形工程と、第1のセラミックグリーンシートと第2のセラミックグリーンシートの間に、高融点金属を含むシートを挟んで積層する工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法も好ましい。更に、前記高融点金属を含むシートが、印刷成形法で形成されていることが好ましい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る圧電／電歪デバイスを実施する形態を詳細に説明する。図1は、圧電／電歪デバイス10の斜視図である。圧電／電歪デバイス10は、相対向する一対の薄板部12a及び12bを支持する固定部14とが一体に形成された基体16を具備し、一対の薄板部12a及び12bの各一部にそれぞれ圧電／電歪素子18a及び18bが形成されて構成されている。そして、この圧電／電歪デバイス10は、前記圧電／電歪素子18a及び／又は18bの駆動によって一対の薄板部12a及び12bが変位し、あるいは薄板部12a及び12bの変位を圧電／電歪素子18a及び／又は18bにより検出する構成を有する。また、一対の薄板部12a及び12bは、各先端部分が内方に向かって肉厚とされ、該肉厚部は、薄板部12a及び12bの変位動作に伴って変位する可動部20a及び20bとして機能することになる。以下、一対の薄板部12a及び12bの先端部分を可動部20a及び20bと記す。

【0011】薄板部12a及び12bの先端部分と可動部20a及び20bを接合した境界部には、薄板部12a及び12bの長手方向に沿って空隙部20c及び20dが形成され、その空隙部には充填物が設けられている。同様に、薄板部12a及び12bの基端部分と固定部14を接合した境界部には、薄板部12a及び12bの長手方向に沿って空隙部14a及び14bが形成され、これらの空隙部には充填物が設けられている。

【0012】なお、前記基体16については、全体をセラミックスを用いて構成されたもののほか、セラミックスと金属の材料で製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造としてもよい。

【0013】また、基体16は、各部を有機樹脂、ガラス等の接着剤で接着してなる構造、セラミックグリーン積層体を焼成により一体化してなるセラミック一体構造、ロウ付け、半田付け、共晶接合もしくは溶接等で一体化した金属一体構造等の構成を採用することができ、好ましくはセラミックグリーン積層体を焼成により一体化したセラミック積層体で基体16を構成することが望ましい。

【0014】このうちセラミックスの一体化物は、各部の接合部に接着剤が介在しないことから、経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な構造であることに加え、後述するセラミックグリーンシート積層法により、容易に製造することが可能である。

【0015】そして、圧電／電歪素子18a及び18bは、後述のとおり別体として圧電／電歪素子18a及び18bを準備して、基体16に有機樹脂、ガラス等の接着剤や、ロウ付け、半田付け、共晶接合等で貼り付けられるほか、膜形成法を用いることにより、前記貼り付けではなく直接基体16に形成されることとなる。

【0016】圧電／電歪素子18a及び18bは、圧電／電歪層22と、該圧電／電歪層22の両側に形成された一对の電極24及び26とを有して構成され、該一对の電極24及び26のうち、一方の電極24が少なくとも一对の薄板部12a及び12bに形成されている。

【0017】本実施の形態では、圧電／電歪層22並びに一对の電極24及び26をそれぞれ多層構造とし、一方の電極24と他方の電極26を断面ほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに積層し、これら一方の電極24と他方の電極26が圧電／電歪層22を間に挟んで重なる部分が多段構成とされた圧電／電歪素子18a及び18bとした場合を主体に説明するが、多層構造に限らず単層構造であってもよい。この場合、多層の数は特に限定しないが、10層以下が好ましく、更に好ましくは5層以下である。更に、圧電／電歪素子18aあるいは18bのどちらか一方のみとすることも可能であり、多数の数を異ならせてもよい。

【0018】図1では、圧電／電歪層22を3層構造とし、一方の電極24が1層目の下面（薄板部12a及び12bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極26が1層目の上面と3層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。この構成の場合、一方の電極24同士並びに他方の電極26同士をそれぞれつなぎ共通化することで、端子28及び30の数を減らすことができるため、圧電／電歪素子18a及び18bの多層化に伴うサイズの大型化を抑えることができる。

【0019】なお、一对の電極24及び26への電圧の印加は、各電極24及び26のうち、それぞれ固定部14の両側面（素子形成面）上に形成された端子（パッ

ド）28及び30を通じて行われるようになっている。各端子28及び30の位置は、一方の電極24に対応する端子28が固定部14の後端寄りに形成され、外部空間側の他方の電極26に対応する端子30が固定部14の内壁寄りに形成されている。

【0020】この場合、圧電／電歪デバイス10の固定を、端子28及び30が配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス10の固定と、回路と端子28及び30間の電氣的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路（FPCとも称される）、フレキシブルフラットケーブル（FFCとも称される）、ワイヤボンディング等によって端子28及び30と回路との電氣的接続が行われる。

【0021】このように多層構造の圧電／電歪素子18a及び18bを用いることにより、アクチュエータ部19a及び19bの駆動力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス10自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。

【0022】なお、段数を多くすれば、アクチュエータ部19a及び19bの駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10では、圧電／電歪素子18a及び18bを用いることによって、アクチュエータ部19a及び19bの駆動力を上げても、基本的に薄板部12a及び12bの幅（Y軸方向の距離）は不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リング制御等のアクチュエータに適用する上で非常に好ましいデバイスとなる。

【0023】次に、圧電／電歪デバイス10の動作について図2で説明する。まず、2つの圧電／電歪素子18a及び18bが自然状態、即ち、圧電／電歪素子18a及び18bが共に変位動作を行っていない場合は、圧電／電歪デバイス10の長軸mと固定部14の中心軸とがほぼ一致している。

【0024】この状態から、一方の圧電／電歪素子18aにおける一对の電極24及び26に所定のバイアス電位Vbを有するサイン波Waをかけ、他方の圧電／電歪素子18bにおける一对の電極24及び26に前記サイン波Waとはほぼ180°位相の異なるサイン波Wbをかける。

【0025】そして、一方の圧電／電歪素子18aにおける一对の電極24及び26に対して例えば最大値の電圧が印加された段階においては、一方の圧電／電歪素子18aにおける圧電／電歪層22はその主面方向に収縮変位する。これにより、例えば図2に示すように、一方

10

20

30

40

50

の薄板部 12a に対し、矢印 A に示すように、該薄板部 12a を例えば右方向に撓ませる方向の応力が発生することから、該一方の薄板部 12a は、右方向に撓み、このとき、他方の圧電／電歪素子 18b における一對の電極 24 及び 26 には、電圧は印加されていない状態となるため、他方の薄板部 12b は一方の薄板部 12a の撓みに追従して右方向に撓む。その結果、可動部 20a 及び 20b 並びにスペーサ部材 37 は、圧電／電歪デバイス 10b の長軸 m に対して例えば右方向に変位する。なお、変位量は、各圧電／電歪素子 18a 及び 18b に印加される電圧の最大値に応じて変化し、例えば最大値が大きくなるほど変位量も大きくなる。

【0026】特に、圧電／電歪層 22 の構成材料として、高い抗電界を有する圧電／電歪材料を適用した場合には、前述のサイン波  $W_a \cdot W_b$  の最小値のレベルが僅かに負のレベルとなるように、前記バイアス電位を調整するようにしてもよい。この場合、該負のレベルが印加されている圧電／電歪素子（例えば他方の圧電／電歪素子 18b）の駆動によって、例えば他方の薄板部 12b に一方の薄板部 12a の撓み方向と同じ方向の応力が発生し、可動部 20a 及び 20b 並びにスペーサ部材 37 の変位量をより大きくすることが可能となる。つまり、前述したような波形を使用することで、負のレベルが印加されている圧電／電歪素子 18b 又は 18a が、変位動作の主体となっている圧電／電歪素子 18a 又は 18b をサポートとするという機能を持たせることができる。

【0027】このように、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 においては、圧電／電歪素子 18a 及び 18b の微小な変位が薄板部 12a 及び 12b の撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部 20a 及び 20b に伝達することになるため、可動部 20a 及び 20b を、圧電／電歪デバイス 10b の長軸 m に対して大きく変位させることが可能となる。

【0028】特に、この実施の形態では、可動部 20a 及び 20b に互いに対向する取付面 34a 及び 34b を設け、取付面 34a 及び 34b 間の距離  $L_c$  を可動部 20a 及び 20b の長さ  $D_f$  の約 1.5 倍に設定し、かつ、1つの大きなスペーサ部材 37 を接着剤 38 を介して取付面 34a 及び 34b 間に接着させるようにしている。この場合、互いに対向する取付面 34a 及び 34b の間を空隙にしたり、前記互いに対向する取付面 34a 及び 34b の間に可動部 20a 及び 20b の構成部材よりも軽いスペーサ部材 37 を介在させることで、可動部 20a 及び 20b の軽量化を有効に図ることができ、可動部 20a 及び 20b の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる。

【0029】ここで、周波数とは、一對の電極 24 及び 26 に印加する電圧を交替的に切り換えて、可動部 20a 及び 20b を左右に変位させたときの電圧波形の周波

数を示し、共振周波数とは、可動部 20a 及び 20b の変位動作が所定の振動モードで追従できる最大の周波数を示す。

【0030】また、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 においては、可動部 20a 及び 20b、薄板部 12a 及び 12b 並びに固定部 14 が一体化されており、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

【0031】更に、この実施の形態においては、互いに対向する取付面 34a 及び 34b の間を空隙とした場合、一方の取付面 34a を含む可動部 20a と、他方の取付面 34b を含む可動部 20b とが撓みやすくなり、変形に強くなる。そのため、圧電／電歪デバイス 10 のハンドリング性に優れることとなる。

【0032】また、前記互いに対向する取付面 34a 及び 34b の存在により、可動部 20a 及び 20b の表面積が大きくなる。従って、可動部 20a 及び 20b に他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。ここで、部品を例えば接着剤等によって固着する場合を考えると、物品は、可動部 20a 及び 20b の主面（前面及び／又は背面）だけでなく、互いに対向する取付面 34a 及び 34b を通じて接着されることになり、部品を確実に固着することができる。

【0033】また、この実施の形態においては、圧電／電歪素子 18a 及び 18b を、圧電／電歪層 22 と、該圧電／電歪層 22 の両側に形成された一對の電極 24 及び 26 とを有して構成し、一對の電極 24 及び 26 のうち、一方の電極 24 を少なくとも薄板部 12a 及び 12b の側面に直接形成するようにしたので、圧電／電歪素子 18a 及び 18b による振動を薄板部 12a 及び 12b を通じて効率よく可動部 20a 及び 20b に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。

【0034】また、この実施の形態においては、例えば図 1 に示すように、一對の電極 24 及び 26 が圧電／電歪層 22 を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分 40）を固定部 14 の一部から薄板部 12a 及び 12b の一部にかけて連続的に形成するようにしている。実質的駆動部分 40 を更に可動部 20a 及び 20b の一部にかけて形成した場合、可動部 20a 及び 20b の変位動作が前記実質的駆動部分 40 の変形と薄板部 12a 及び 12b の変形とが相反し、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、この実施の形態では、前記実質的駆動部分 40 を可動部 20a 及び 20b と固定部 14 の両方につけかけないように形成しているため、可動部 20a 及び 20b の変位動作が制限されるという不都合が回避され、可動部 20a 及び 20b の変位量を大きくする



ことができる。

【0035】逆に、可動部20a及び20bの一部に圧電／電歪素子18a及び18bを形成する場合は、前記実質的駆動部分40が可動部20a及び20bの一部から薄板部12a及び12bの一部にかけて位置させるように形成することが好ましい。これは、実質的駆動部分40が固定部14の一部にまでわたって形成されると、上述したように、可動部20a及び20bの変位動作が制限されるからである。

【0036】上述の例では、可動部20a及び20bに取付面34a及び34bを設け、その間にスペーサ部材37を接着した例を示したが、その他、固定部14に端面34a及び34bを設けるようにしてもよい。この場合、例えば一对の薄板部12a及び12bの先端部分に設けられる可動部20a及び20bは一体に連結された形状を有し、固定部14に互いに対向する端面34a及び34bが設けられることとなる。

【0037】これにより、前述した可動部20a及び20bに互いに対向する取付面34a及び34bを有する場合の効果に加え、圧電／電歪デバイス10cを所定の固定部分に強固に固定することが可能となり、信頼性の向上を図ることができる。実質的駆動部分40の長さは、薄板部12a及び12bの長さの20%～95%とすることが好ましく、40%～80%とすることが更に好ましい。

【0038】ここで、空隙部の形状が直形状である場合の充填物の形状は、図3のような実施形態がある。図1では直形状の空隙部の開口部まで充填できるのに対し、図3(a)は充填物が空隙部の中程まで充填され、開口部付近は開放されているもので、空隙部に所定量の充填物が充填される。充填物の端面形状を一定に揃える効果がある。なお、空隙部の底部に、充填物が充填されない空洞部が形成されても応力分散力には影響は少ない。逆に、図3(b)は、充填物が空隙部の開口部より外側まで配置されたものであり、充填物の付着力が弱い場合に、付着面積を大きくし全体の付着力を大きくすることができる。特に、充填物の外面はR形状とする事により定着性を高め端部からの剥離を防止できる。また、図3(c)のように成形された形状で充填物を配置しても良い。この場合、充填物の物性に加え、薄板部と固定部又は可動部との間の角部の形状が、段付き形状、換言すれば、角部のコーナ取り構造に類するものとなり形状効果が加わって、薄板部の根元部での応力集中がより低減できる効果がある。

【0039】次に、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の好ましい構成例について説明する。

【0040】まず、可動部20a及び20bの変位動作を確実なものとするために、圧電／電歪素子18a及び18bの実質的駆動部分40が固定部14もしくは可動部20a及び20bにかかる距離Dgを薄板部12a及

び12bの厚みDdの1/2以上とすることが好ましい。

【0041】そして、薄板部12a及び12bの内壁間の距離(X軸方向の距離)Daと薄板部12a及び12bの幅(Y軸方向の距離)Dbとの比Da/Dbが0.5～2.0となるように構成する。前記比Da/Dbは、好ましくは1～1.5とされ、更に好ましくは1～1.0とされる。この比Da/Dbの規定値は、可動部20a及び20bの変位量を大きくし、X-Z平面内での変位を支配的に得られることの発見に基づく規定である。

【0042】一方、薄板部12a及び12bの長さ(Z軸方向の距離)Deと薄板部12a及び12bの内壁間の距離Daとの比De/Daにおいては、好ましくは0.5～1.0とされ、更に好ましくは0.5～5とすることが望ましい。この比De/Daの規定値は、スペーサ部材37が介在された可動部20a及び20bの変位量を大きくでき、かつ、高い共振周波数で変位動作を行うことができる(高い応答速度を達成できる)という発見に基づく規定である。

【0043】従って、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10をY軸方向への煽り変位、あるいは振動を抑制し、かつ、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を併せ持つ構造とするには、比Da/Dbを0.5～2.0とし、かつ、比De/Daを0.5～1.0にすることが好ましく、更に好ましくは比Da/Dbを1～1.0とし、かつ、比De/Daを0.5～5にすることである。

【0044】更に、例えば圧電／電歪デバイス10においては、一对の薄板部12a及び12bの両内壁と可動部20a及び20bの内壁とスペーサ部材37の内壁(及び接着剤38の内壁)と固定部14の内壁とにより孔部42が形成されることになるが、この孔部42にゲル状の材料、例えばシリコンゲルを充填することが好ましい。通常は、充填材の存在によって、可動部20a及び20bの変位動作が制限を受けることになるが、この実施の形態では、可動部20a及び20bへの端面34a及び34bの形成に伴う軽量化や可動部20a及び20bの変位量の増大化を図るようにしているため、前記充填材による可動部20a及び20bの変位動作の制限が打ち消され、充填材の存在による効果、即ち、高共振周波数化や剛性の確保を実現させることができる。

【0045】また、可動部20a及び20bの長さ(Z軸方向の距離)Dfは、短いことが好ましい。短くすることで軽量化と共振周波数の増大が図られるからである。更に、物品を挟持する際、変位を向上させることができる。しかしながら、可動部20a及び20bのX軸方向の剛性を確保し、その変位を確実なものとするためには、薄板部12a及び12bの厚みDdとの比Df/Ddを2以上、好ましくは5以上とすることが望ましい。



【0046】なお、各部の実寸法は、可動部20a及び20bへの部品の取り付けのための接合面積、固定部14を他の部材に取り付けるための接合面積、電極用端子などの取り付けのための接合面積、圧電／電歪デバイス10全体の強度、耐久度、必要な変位量並びに共振周波数、そして、駆動電圧等を考慮して定められることになる。

【0047】具体的には、例えば薄板部12a及び12bの内壁間の距離Daは、100 $\mu$ m～2000 $\mu$ mが好ましく、更に好ましくは200 $\mu$ m～1600 $\mu$ mである。薄板部12a及び12bの幅Dbは、50 $\mu$ m～2000 $\mu$ mが好ましく、更に好ましくは100 $\mu$ m～500 $\mu$ mである。薄板部12a及び12bの厚みDdは、Y軸方向への変位成分である煽り変位が効果的に抑制できるように、薄板部12a及び12bの幅Dbとの関係においてDb>Ddとされ、かつ、2 $\mu$ m～100 $\mu$ mが好ましく、更に好ましくは10 $\mu$ m～80 $\mu$ mである。

【0048】薄板部12a及び12bの長さDeは、200 $\mu$ m～3000 $\mu$ mが好ましく、更に好ましくは300 $\mu$ m～2000 $\mu$ mである。可動部20a及び20bの長さDfは、50 $\mu$ m～2000 $\mu$ mが好ましく、更に好ましくは100 $\mu$ m～1000 $\mu$ mであり、より好ましくは200 $\mu$ m～600 $\mu$ mである。

【0049】このような構成にすることにより、X軸方向の変位に対してY軸方向の変位が10%を超えないが、上述の寸法比率と実寸法の範囲で適宜調整を行うことで低電圧駆動が可能で、Y軸方向への変位成分を5%以下に抑制できるというきわめて優れた効果を示す。つまり、可動部20a及び20bは、実質的にX軸方向という1軸方向に変位することになり、しかも、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を得ることができる。

【0050】また、この圧電／電歪デバイス10においては、デバイスの形状が従来のような板状（変位方向に直交する方向の厚みが小さい）ではなく、可動部20a及び20bと固定部14が直方体の形状（変位方向に直交する方向の厚みが大きい）を呈しており、可動部20a及び20bと固定部14の側面が連続するように一對の薄板部12a及び12bが設けられているため、圧電／電歪デバイス10のY軸方向の剛性を選択的に高くすることができる。

【0051】即ち、この寸法構成を採用する圧電／電歪デバイス10では、平面内（XZ平面内）における可動部20a及び20bの動作のみを選択的に発生させることができ、可動部20a及び20bのYZ面内の動作（いわゆる煽り方向の動作）を抑制することができる。

【0052】次に、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の各構成要素について説明する。

【0053】可動部20a及び20bは、上述したよう

に、薄板部12a及び12bの駆動量に基づいて作動する部分であり、圧電／電歪デバイス10の使用目的に応じて種々の部材が取り付けられる。例えば、圧電／電歪デバイス10を変位素子として使用する場合であれば、光シャッタの遮蔽板等が取り付けられ、特に、ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めやリング抑制機構に使用するのであれば、磁気ヘッド、磁気ヘッドを有するスライダ、スライダを有するサスペンション等の位置決めを必要とする部材が取り付けられる。

【0054】固定部14は、上述したように、薄板部12a及び12b並びに可動部20a及び20bを支持する部分であり、例えば前記ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めを利用する場合には、VCM（ボイスコイルモータ）に取り付けられたキャリッジアーム、該キャリッジアームに取り付けられた固定プレート又はサスペンション等に固定部14を支持固定することにより、圧電／電歪デバイス10の全体が固定される。また、この固定部14には、圧電／電歪素子18a及び18bを駆動するための端子28及び30その他の部材が配置される場合もある。

【0055】可動部20a及び20b並びに固定部14を構成する材料としては、剛性を有する限りにおいて特に限定されないが、後述するセラミックグリーンシート積層法を適用できるセラミックスを好適に用いることができる。具体的には、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等が挙げられるほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靱性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。

【0056】薄板部12a及び12bは、上述したように、圧電／電歪素子18a及び18bの変位により駆動する部分である。薄板部12a及び12bは、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子18a及び18bの伸縮変位を屈曲変位として増幅して、可動部20a及び20bに伝達する機能を有する。従って、薄板部12a及び12bの形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、可動部20a及び20bの応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

【0057】薄板部12a及び12bの厚みDdは、2 $\mu$ m～100 $\mu$ m程度とすることが好ましく、薄板部12a及び12bと圧電／電歪素子18a及び18bとを合わせた厚みは7 $\mu$ m～500 $\mu$ mとすることが好ましい。電極24及び26の厚みは0.1 $\mu$ m～50 $\mu$ m、圧電／電歪層22の厚みは3 $\mu$ m～300 $\mu$ mとすることが好ましい。

【0058】薄板部12a及び12bを構成する材料としては、可動部20a及び20bや固定部14と同様のセラミックスを好適に用いることができ、ジルコニア、中でも安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であっても機械的強度が大きいこと、靱性が高いこと、圧電／電歪層や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

【0059】前記安定化ジルコニア並びに部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化並びに部分安定化されたものが好ましい。即ち、ジルコニアを安定化並びに部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、及び酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうちの1つの化合物を添加、含有させることにより、あるいは1種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせて添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

【0060】なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、1～30モル%、好ましくは1.5～10モル%、酸化セリウムの場合にあっては、6～50モル%、好ましくは8～20モル%、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、5～40モル%、好ましくは5～20モル%とすることが望ましいが、その中でも特に酸化イットリウムを安定化剤として用いることが好ましく、その場合においては、1.5～10モル%、更に好ましくは2～4モル%とすることが望ましい。また、焼結助剤等の添加物としてアルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を0.05～20wt%の範囲で添加することが可能であるが、圧電／電歪素子18a及び18bの形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アルミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。

【0061】なお、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を0.05～3 $\mu$ m、好ましくは0.05～1 $\mu$ mとすることが望ましい。また、上述のように、薄板部12a及び12bについては、可動部20a及び20b並びに固定部14と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電／電歪デバイス10の強度、製造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

【0062】圧電／電歪素子18a及び18bは、少なくとも圧電／電歪層22と、該圧電／電歪層22に電界をかけるための一対の電極24及び26を有するものであり、ユニモルフ型、バイモルフ型等の圧電／電歪素子を用いることができるが、薄板部12a及び12bと組み合わせたユニモルフ型の方が、発生する変位量の安定性に優れ、軽量化に有利であるため、このような圧電／

電歪デバイス10に適している。

【0063】前記圧電／電歪素子18a及び18bは、図1に示すように、薄板部12a及び12bの側面に形成する方が薄板部12a及び12bをより大きく駆動させることができる点で好ましい。

【0064】圧電／電歪層22には、圧電セラミックスが好適に用いられるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックス、あるいは反強誘電体セラミックスを用いることも可能である。但し、この圧電／電歪デバイス10をハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決め等に用いる場合は、可動部20a及び20bの変位量と駆動電圧又は出力電圧とのリニアリティが重要とされるため、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましく、抗電界が10kV/mm以下の材料を用いることが好ましい。

【0065】具体的な材料としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独であるいは混合物として含有するセラミックスが挙げられる。

【0066】特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、圧電／電歪層22の焼結時における薄板部（セラミックス）12a及び12bとの反応性が小さく、安定した組成のものが得られる点において、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウムニオブ酸鉛を主成分とする材料、もしくはチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

【0067】更に、前記材料に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、ズ等の酸化物等を単独で、もしくは混合したセラミックスを用いてもよい。

【0068】例えば、主成分であるジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整可能となる等の利点を得られる場合がある。

【0069】なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けることが望ましい。なぜならば、シリカ等の材料は、圧電／電歪層22の熱処理時に、圧電／電歪材料と反応し易く、その組成を変動させ、圧電特性を劣化させるからである。

【0070】一方、圧電／電歪素子18a及び18bの一対の電極24及び26は、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えばアルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケ

ル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体、もしくはこれらの合金が用いられ、更に、これらに圧電／電歪層 22 あるいは薄板部 12 a 及び 12 b と同じあるいは異なる材料を分散させたサーメット材料を用いてもよい。

【0071】圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b における電極 24 及び 26 の材料選定は、圧電／電歪層 22 の形成方法に依存して決定される。例えば薄板部 12 a 及び 12 b 上に一方の電極 24 を形成した後、該一方の電極 24 上に圧電／電歪層 22 を焼成により形成する場合は、一方の電極 24 には、圧電／電歪層 22 の焼成温度においても変化しない白金、パラジウム、白金-パラジウム合金、銀-パラジウム合金等の高融点金属を使用する必要があるが、圧電／電歪層 22 を形成した後に、該圧電／電歪層 22 上に形成される最外層の他方の電極 26 は、低温で電極形成を行うことができるため、アルミニウム、金、銀等の低融点金属を主成分として使用することができる。

【0072】また、電極 24 及び 26 の厚みは、少なくとも圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b の変位を低下させる要因ともなるため、特に圧電／電歪層 22 の焼成後に形成される電極には、焼成後に緻密でより薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。

【0073】上述の例では、薄板部 12 a 及び 12 b の先端部分に一体に形成される可動部 20 a 及び 20 b の厚みを薄板部 12 a 及び 12 b の厚み D d よりも厚くした場合を示したが、その他、可動部 20 a 及び 20 b の厚みを薄板部 12 a 及び 12 b の厚み D d とほぼ同じにしてもよい。これにより、可動部 20 a 及び 20 b に物品を取り付ける場合に、可動部 20 a 及び 20 b 間に薄板部 12 a 及び 12 b 間の距離に相当する大きさの物品を挟み込むように取り付けることが可能となる。この場合、物品を取り付けるための接着剤領域（例えば接着剤 38）が可動部 20 a 及び 20 b に対応することになる。

【0074】そして、圧電／電歪デバイス 10 は、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサに好適に利用でき、端面 34 a 及び 34 b ないし薄板部 12 a 及び 12 b 間に取り付けられる物体のサイズを適宜調整することにより、センサの感度調整が容易に行えるという更なる利点がある。

【0075】次に、本発明の好ましい実施の形態として第 2～第 4 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 について好ましい態様として端面 34 a 及び 34 b を含む場合について図 4 以下を参照しながら説明する。従って、端面 34 a 及び 34 b を含まない実施形態であっても本発明は構わない。

【0076】まず、第 2 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 a は、図 4 に示すように、これまでに説明した圧電／電歪デバイス 10 とほぼ同様な構成を有するが、空隙部及び充填物の構成等が以下の点で異なる。空隙部 14 a 及び 14 b は段付き構造になっており、薄板部に近いほど溝深さが深くなっている。これにより、薄板部と可動部及び固定部との境界線で発生する集中応力をより効果的に分散させることができ、幅の大きい空隙箇所の方が衝撃吸収に大きく寄与し効率的に応力集中を分散させることができる。特に、1 層目の下面に位置する他方の電極 26 は、薄板部 12 a 及び 12 b、可動部 20 a 及び 20 b、固定部 14 の各側面にかけてほぼ連続して形成され、更に、固定部 14 の側面において一部分離されてスリット 70 を構成している。このスリット 70 を設けた趣旨は、①：圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b の後端部 72（スリット 70 の後端側端部から固定部 14 の後端までの部分）におけるアクチュエータを駆動させないこと、②：一方の端子 28 の端部で短絡が生じにくくすること、③：圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b の後端部における圧電／電歪層 22 の下面に電極材料を配置することである。なお、スリット 70 を設けることが反対に好ましくない場合は、スリット 70 は必ずしも設ける必要はなく、省略してもかまわない。また、図 5 は空隙部に充填する充填物の形状を示しており、図 5

(a) は充填物が空隙部の中程まで充填され、開口部付近は開放されている。なお、空隙部の底部に、充填物が充填されない空洞部が形成されても応力分散力には影響は少ない。逆に、図 5 (b) は、充填物が空隙部の開口部より外側まで配置されたものであり、充填物の付着力が弱い場合に、付着面積を大きくし全体の付着力を大きくすることができる。特に、充填物の外面は R 形状とする事により定着性を高め端部からの剥離を防止できる。図 5 (c) は、空隙部を形成する各層毎に充填物の材質を異ならせたものである。弾性率・気孔率等の物性、更に構成材に対する付着力等を適宜選択し、応力分散の効果を発現する組み合わせとすることが好ましい。

【0077】次に、第 3 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 b は、図 4 では空隙部の深さが 2 段階となっているのに対し、図 6 の空隙部は無限の多段階になって斜め形状の構造である。これにより、薄板部と可動部及び固定部との境界線で発生する集中応力をより効果的に分散させることができ、幅の大きい空隙箇所の方が衝撃吸収に大きく寄与し効率的に応力集中を分散させることができる。また、図 7 は空隙部に充填する充填物の形状を示しており、図 7 (a) は充填物が空隙部の中程まで充填され、開口部付近は開放されている。なお、空隙部の底部に、充填物が充填されない空洞部が形成されても応力分散力には影響は少ない。逆に、図 7 (b) は、充填物が空隙部の開口部より外側まで配置されたものであり、充填物の付着力が弱い場合に、付着面積を大きくし

全体の付着力を大きくすることができる。特に、充填物の外面はR形状とする事により定着性を高め端部からの剥離を防止できる。

【0078】更に、第4の変形例に係る圧電／電歪デバイス10cは、図8に示すように薄板部と可動部及び固定部との間の空隙部に充填物がほぼ均一な厚みで配置されている。このような充填物は、薄板部と可動部及び固定部とをセラミックで一体形成すると同時に形成することが好ましく、高融点金属あるいは高融点金属とセラミックの混合物であることが好ましい。

【0079】次に、圧電／電歪デバイス10の製造方法を図9～図12を参照しながら説明する。圧電／電歪デバイス10は、各部材の構成材料をセラミックスとし、圧電／電歪デバイス10の構成要素として、圧電／電歪素子18a及び18bを除く基体16、即ち、薄板部12a及び12b、固定部14並びに可動部20a及び20bについてはセラミックグリーンシート積層法を用いて製造することが好ましく、一方、圧電／電歪素子18a及び18bをはじめとして、各端子28及び30については、薄膜や厚膜等の膜形成手法を用いて製造することが好ましい。

【0080】圧電／電歪デバイス10の基体16における各部材を一体的に成形することが可能なセラミックグリーンシート積層法によれば、各部材の接合部の経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な方法である。

【0081】また、以下に示す製造方法は、生産性や成形性に優れるため、所定形状の圧電／電歪デバイス10を短時間に、かつ、再現性よく得ることができる。

【0082】具体的に本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の第1の製造方法について説明する。ここで、定義付けをしておく。セラミックグリーンシートを積層して得られた積層体をセラミックグリーン積層体58（例えば図10参照）と定義し、このセラミックグリーン積層体58を焼成して一体化したものをセラミック積層体60（例えば図11参照）と定義し、このセラミック積層体60から不要な部分を切除して可動部20a及び20b、薄板部12a及び12b並びに固定部14が一体化されたものをセラミック基体16（図12参照）と定義する。

【0083】また、この製造方法においては、圧電／電歪デバイス10を同一基板内に縦方向及び横方向にそれぞれ複数個配置した形態で、最終的にセラミック積層体60をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス10を同一工程で多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス10の1個取りを主体にして説明する。

【0084】まず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を添加混合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、リバースロールコータ

一法、ドクターブレード法等の方法により、所定の厚みを有するセラミックグリーンシートを作製する。

【0085】次に、金型を用いた打抜加工やレーザ加工等の方法により、セラミックグリーンシートを図9のような種々の形状や厚さに加工して、複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシートを得る。

【0086】これらセラミックグリーンシート50A～50D、51A及び51B、52A及び52Bは、少なくとも薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54が形成された複数枚（例えば4枚）のセラミックグリーンシート50A～50Dと、薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54と互いに対向する端面34a及び34bを有する可動部20a及び20bを形成するための窓部100とが連続形成された複数枚（例えば7枚）のセラミックグリーンシート102A～102Gと、空隙部14a、14bとなる窓部100aが連続形成された複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート51A及び51Bと、後に薄板部12a及び12bとなる複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート52A及び52Bとを用意する。

【0087】その後、図10に示すように、セラミックグリーンシート52A及び52Bでセラミックグリーンシート50A～50D、セラミックグリーンシート51A～51B並びに102A～102Gを挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート50A～50D、51A、51B、52A及び52B並びに102A～102Gを積層・圧着して、セラミックグリーン積層体58とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート102A～102Gを中央に位置させて積層する。このとき、窓部100、100aの存在により、圧着時に圧力がかからない部位が発生するため、積層・圧着の順番等を変更し、そのような部位が生じないようにする必要がある。その後、セラミックグリーン積層体58を焼成してセラミック積層体60（図11参照）を得る。

【0088】なお、積層一体化のための圧着回数や順序は限定されない。構造に応じて、例えば窓部54の形状、セラミックグリーンシートの枚数等により所望の構造を得るように適宜決めることができる。

【0089】窓部54の形状は、すべて同一である必要はなく、所望の機能に応じて決定することができる。また、セラミックグリーンシートの枚数、各セラミックグリーンシートの厚みも特に限定されない。

【0090】圧着は、熱を加えることで、より積層性を向上させることができる。また、セラミック粉末（セラミックグリーンシートに使用されたセラミックスと同一又は類似した組成であると、信頼性確保の点で好ましい）、バインダを主体としたペースト、スラリー等をセラミックグリーンシート上に塗布、印刷して、接合補助層とすることで、セラミックグリーンシート界面の積層

性を向上させることができる。なお、セラミックグリーンシート 52A 及び 52B が薄い場合には、プラスチックフィルム、中でも表面にシリコン系の離型剤をコーティングしたポリエチレンテレフタレートフィルムを用いて取り扱うことが好ましい。

【0091】次に、図 11 に示すように、前記セラミック積層体 60 の両表面、即ち、セラミックグリーンシート 52A 及び 52B が積層された表面に相当する表面にそれぞれ圧電／電歪素子 18a 及び 18b を形成する。圧電／電歪素子 18a 及び 18b の形成法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着、イオンプレーティング法、化学気相成長法 (CVD)、めっき等の薄膜形成法を用いることができる。

【0092】このような膜形成法を用いて圧電／電歪素子 18a 及び 18b を形成することにより、接着剤を用いることなく、圧電／電歪素子 18a 及び 18b と薄板部 12a 及び 12b とを一体的に接合、配設することができ、信頼性、再現性を確保できると共に、集積化を容易にすることができる。

【0093】この場合、厚膜形成法により圧電／電歪素子 18a 及び 18b を形成することが好ましい。特に、圧電／電歪層 22 の形成において厚膜形成法を用いれば、平均粒径 0.01~5  $\mu\text{m}$ 、好ましくは 0.05~3  $\mu\text{m}$  の圧電セラミックスの粒子、粉末を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンションやエマルジョン、ゾル等を用いて膜化することができ、それを焼成することによって良好な圧電／電歪特性を得ることができるからである。

【0094】なお、電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成できるという利点がある。また、スクリーン印刷法は、膜形成とパターン形成とを同時にできるため、製造工程の簡略化に有利である。

【0095】具体的に、圧電／電歪素子 18a 及び 18b の形成について説明する。まず、セラミックグリーン積層体 58 を 1200℃~1600℃ の温度で焼成、一体化してセラミック積層体 60 を得た後、該セラミック積層体 60 の両表面の所定位置に薄板部 12a 及び 12b の第 1 の一方の電極 24 を印刷、焼成し、次いで、圧電／電歪層 22 を印刷、焼成し、更に、前記第 1 の一方の電極 24 と対をなす他方の電極 26 を印刷、焼成し、これらを所定回数繰り返して (圧電／電歪素子 18a 及び 18b が多層の圧電／電歪層 22 から構成される場合)、圧電／電歪素子 18a 及び 18b を形成する。その後、各電極 24 及び 26 を駆動回路に電気的に接続するための端子 28 及び 30 を印刷、焼成する。

【0096】また、最下層の第 1 の一方の電極 24 を印刷、焼成し、圧電／電歪層 22 と第 1 の一方の電極 24 と対をなす第 1 の他方の電極 26 を印刷、焼成し、この

単位で所定回数だけ印刷、焼成を繰り返して、圧電／電歪素子 18a 及び 18b を形成してもよい。

【0097】ここで、一方の電極 24 として白金 (Pt)、圧電／電歪層 22 としてジルコン酸チタン酸鉛 (PZT)、他方の電極 26 として金 (Au)、更に、端子 28 及び 30 として銀 (Ag) というように、各部材の焼成温度が積層順に従って低くなるように材料を選定すると、ある焼成段階において、それより以前に焼成された材料の再焼結が起こらず、電極材等の剥離や凝集といった不具合の発生を回避することができる。

【0098】なお、適当な材料を選択することにより、圧電／電歪素子 18a 及び 18b の各部材と端子 28 及び 30 を逐次印刷して、1 回で一体焼成することも可能であり、最外層の圧電／電歪層 22 を形成した後に低温で最外層の電極 26 等を設けることもできる。

【0099】また、圧電／電歪素子 18a 及び 18b の各部材と端子 28 及び 30 は、スパッタ法や蒸着法等の薄膜形成法によって形成してもよく、この場合には、必ずしも熱処理を必要としない。

【0100】圧電／電歪素子 18a 及び 18b の形成においては、セラミックグリーン積層体 58 の両表面、即ち、セラミックグリーンシート 52A 及び 52B の各表面に予め圧電／電歪素子 18a 及び 18b を形成しておき、該セラミックグリーン積層体 58 と圧電／電歪素子 18a 及び 18b とを同時に焼成することも好ましく行われる。同時焼成にあたっては、セラミックグリーン積層体 58 と圧電／電歪素子 18a 及び 18b のすべての構成膜に対して焼成を行うようにしてもよく、一方の電極 24 とセラミックグリーン積層体 58 とを同時焼成したり、他方の電極 26 を除く他の構成膜とセラミックグリーン積層体 58 とを同時焼成する方法等が挙げられる。

【0101】圧電／電歪素子 18a 及び 18b とセラミックグリーン積層体 58 とを同時焼成する方法としては、スラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電／電歪層 22 の前駆体を成形し、この焼成前の圧電／電歪層 22 の前駆体をセラミックグリーン積層体 58 の表面上に熱圧着等で積層し、同時に焼成して可動部 20a 及び 20b、薄板部 12a 及び 12b、圧電／電歪層 22、固定部 14 とを同時に作製する方法が挙げられる。但し、この方法では、上述した膜形成法を用いて、セラミックグリーン積層体 58 の表面及び／又は圧電／電歪層 22 に予め電極 24 を形成しておく必要がある。

【0102】その他の方法としては、セラミックグリーン積層体 58 の少なくとも最終的に薄板部 12a 及び 12b となる部分にスクリーン印刷により圧電／電歪素子 18a 及び 18b の各構成層である電極 24 及び 26、圧電／電歪層 22 を形成し、同時に焼成することが挙げられる。

【0103】圧電／電歪素子 18a 及び 18b の構成膜



の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜決定されるが、一般には、500℃～1500℃であり、圧電／電歪層 22 に対しては、好ましくは 1000℃～1400℃である。この場合、圧電／電歪層 22 の組成を制御するためには、圧電／電歪層 22 の材料の蒸発源の存在下に焼結することが好ましい。なお、圧電／電歪層 22 とセラミックグリーン積層体 58 を同時焼成する場合には、両者の焼成条件を合わせることが必要である。圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b は、必ずしもセラミック積層体 60 もしくはセラミックグリーン積層体 58 の両面に形成されるものではなく、片面のみでももちろんよい。

【0104】次に、圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b が形成されたセラミック積層体 60 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、セラミック積層体 60 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 12 に示すように、セラミック基体 16 に圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b が形成され、かつ、互いに対向する端面 34 a 及び 34 b を有する可動部 20 a 及び 20 b が形成された圧電／電歪デバイス 10 を得る。切断のタイミングは、切断線 C1 及び C2 に沿って切断した後に切断線 C5 に沿って切断してもよく、切断線 C5 に沿って切断した後に切断線 C1 及び C2 に沿って切断してもよい。もちろん、これらの切断を同時に行うようにしてもよい。また、切断線 C5 と対向する固定部 14 の端面も、例えば圧電／電歪デバイスの全長を精密に制御する等の際に適宜切断するようにしてもよい。

【0105】この製造方法においては、セラミック積層体 60 から不要な部分を切除したと同時に、セラミック基体 16 に圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b が形成され、かつ、互いに対向する端面 34 a 及び 34 b を有する可動部 20 a 及び 20 b が形成された圧電／電歪デバイス 10 を得ることができるため、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス 10 の歩留まりを向上させることができる。この場合、同一基板内に圧電／電歪デバイス 10 を縦方向及び横方向にそれぞれ複数個配置して、同一工程で複数個取り出す際に特に好ましい。切除の方法としては、ダイシング加工、ワイヤソー加工等の機械加工のほか、YAG レーザ、エキシマレーザ等のレーザ加工や電子ビーム加工を適用することが可能である。

【0106】また、セラミック基体 16 の切り出しには、これらの加工方法を組み合わせて加工することになる。例えば切断線 C1 及び C2 (図 11 参照) は、ワイヤソー加工とし、切断線 C1 及び C2 に直交する固定部 14、可動部 20 a 及び 20 b の端面をダイシング加工とすることが好ましい。

【0107】ところで、上述の圧電／電歪デバイス 10 の製造方法においては、一体焼成によって薄板部 12 a 及び 12 b 上に圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b を形成

するようにしているため、焼成時に生じる圧電／電歪層 22 の収縮や一对の電極 24 及び 26 と圧電／電歪層 22 並びに薄板部 12 a 及び 12 b との熱膨張率の違い等によって、例えば、薄板部 12 a 及び 12 b 並びに圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b は、孔部 42 に向かって凸となるようにわずかに変位し、形状的に歪みが生じた状態となり、圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b (特に圧電／電歪層 22) や薄板部 12 a 及び 12 b に内部残留応力が発生しやすくなる。

10 【0108】この薄板部 12 a 及び 12 b や圧電／電歪層 22 での内部残留応力の発生は、上述した一体焼成のほか、薄板部 12 a 及び 12 b に別体の圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b を例えば接着剤で貼り合わせる場合にも生じる。即ち、接着剤を固定化もしくは硬化する際に、接着剤等の硬化収縮によって薄板部 12 a 及び 12 b や圧電／電歪層 22 に内部残留応力が発生することとなる。更に、その固定化もしくは硬化に加熱が必要な場合には、内部残留応力が大きなものとなる。

20 【0109】この状態で圧電／電歪デバイス 10 を使用すると、圧電／電歪層 22 に所定電界を与えても、可動部 20 a 及び 20 b において所望の変位を示さない場合がある。これは、圧電／電歪層 22 の材料特性及び可動部 20 a 及び 20 b の変位動作が、前記薄板部 12 a 及び 12 b や圧電／電歪層 22 に発生している内部残留応力によって阻害されているからである。

30 【0110】そこで、この製造方法では圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b 形成後、可動部 20 a 及び 20 b の周辺を切除するようにしている。この切除によって、可動部 20 a 及び 20 b に互いに対向する端面 34 a 及び 34 b が形成されるが、薄板部 12 a 及び 12 b や圧電／電歪層 22 に発生していた内部残留応力によって、これら端面 34 a 及び 34 b が互いに近づく方向に移動し、移動後の各端面 34 a 及び 34 b の幅は、前記所定幅 W1 よりも短い例えば第 2 の所定幅 W2 となる。より詳述すると、第 2 の所定幅 W2 は、厳密に平行では無く先端の方がより短くなる。

40 【0111】これら端面 34 a 及び 34 b の移動は、薄板部 12 a 及び 12 b や圧電／電歪層 22 に発生していた内部残留応力の解放に伴うものである。内部残留応力を解放した状態で圧電／電歪デバイス 10 を使用すると、可動部 20 a 及び 20 b は、ほぼ設計通りの変位動作を示し、良好なデバイス特性を示すこととなる。この効果は、固定部 14 となる部分の一部を切除して、固定部 14 に互いに対向する端面 34 a 及び 34 b を形成した場合においても同様であり、この場合は、薄板部 12 a 及び 12 b や圧電／電歪層 22 に発生していた内部残留応力が、固定部 14 に形成された互いに対向する端面 34 a 及び 34 b の移動によって解放されることとなる。なお、対向する端面 34 a 及び 34 b については、必ずしも可動部 20 a 及び 20 b もしくは固定部 14 の

中心部分のみならず、中心からそれた部分を形成することによっても同様の効果が得られる。

【0112】図11に示す切除に当たっては、切除後に300℃～800℃で加熱処理することが好ましい。これは、加工により圧電／電歪デバイス10内にマイクロクラック等の欠陥が生じやすいが、前記熱処理によって前記欠陥を取り除くことができ、信頼性が向上するからである。更に、前記熱処理後に80℃程度の温度で少なくとも10時間程度放置し、エージング処理を施すことが好ましい。このエージング処理で、製造過程の中で受けた種々の応力等を更に緩和でき、特性の向上に寄与するからである。

【0113】

【発明の効果】以上説明した通り、請求項1に係る本発明によれば、少なくとも前記薄板部と可動部あるいは、前記薄板部と固定部との間に充填物を配置した空隙部が存在することにより、大きな外的衝撃により薄板部が大きな変位を起こしても、薄板部と可動部又は薄板部と固定部の接合した境界線付近に生じた応力が空隙部に分散され、従来は応力集中により発生した破損が無くなり、圧電／電歪デバイスの基本特性への影響を小さくして薄板部の耐衝撃性を向上させることができた。

【図面の簡単な説明】

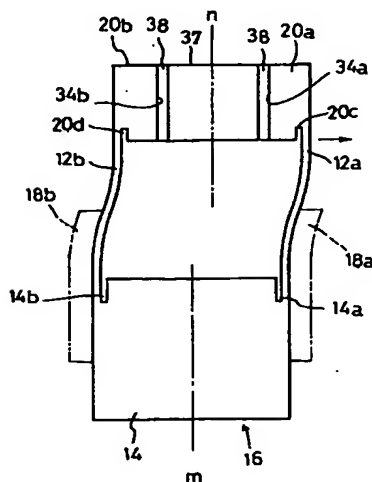
【図1】圧電／電歪デバイスの斜視図である。

【図2】圧電／電歪デバイスの作動を示す説明図である。

【図3】空隙部に充填される充填物の他の形状を示す説明図である。

【図4】他の空隙部を有する圧電／電歪デバイスの斜視図である。

【図2】



【図5】図4に示す充填物の他の形状を示す説明図である。

【図6】他の空隙部を有する圧電／電歪デバイスの斜視図である。

【図7】図6に示す充填物の他の形状を示す説明図である。

【図8】他の空隙部を有する圧電／電歪デバイスの斜視図である。

【図9】積層する各グリーンシートの説明図である。

【図10】図9のグリーンシートを積層した説明図である。

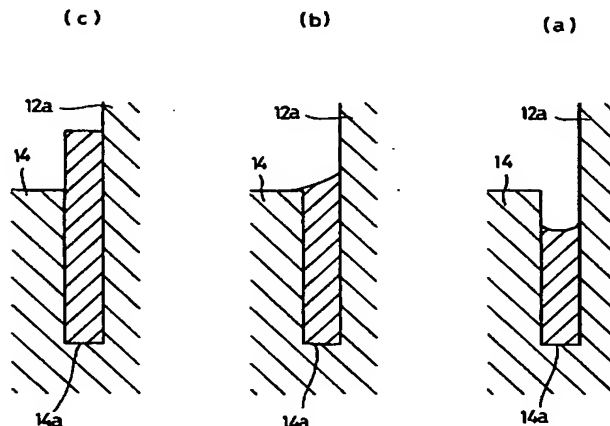
【図11】圧電層を形成し切除前の状態を示す説明図である。

【図12】切除後の圧電／電歪デバイスの説明図である。

【符号の説明】

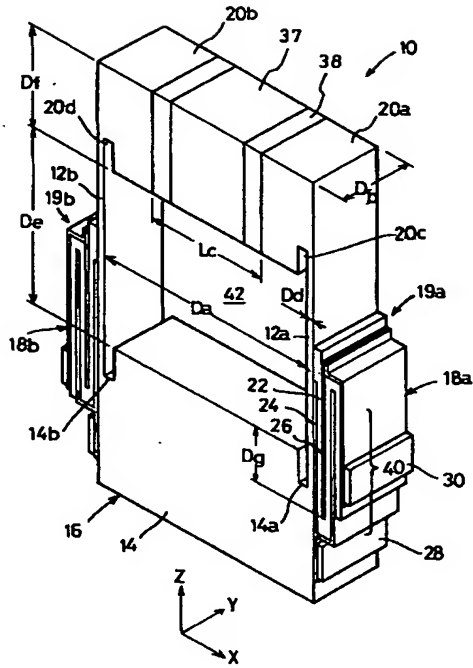
10・・・圧電／電歪デバイス、11、11a・・・11b・・・、12、12a、12b・・・薄板部、14・・・固定部、14a、14b・・・空隙部、16・・・基体、18a、18b・・・圧電／電歪素子、19a、19b・・・圧電／電歪層、20a、20b・・・可動部、20c、20d・・・空隙部、22・・・圧電／電歪層、24、26・・・電極、28、30・・・端子、34a、34b・・・取付面、36・・・空隙、37・・・スペーサ部材、38／・・・接着剤、40・・・実質的駆動部分、42・・・孔部、50A～50G、51A、51B、52A、52B、102A～102G・・・セラミックグリーンシート、54、100、100a・・・窓部、58・・・セラミックグリーン積層体、60・・・セラミック積層体、C1、C2、C5・・・切断線。

【図3】

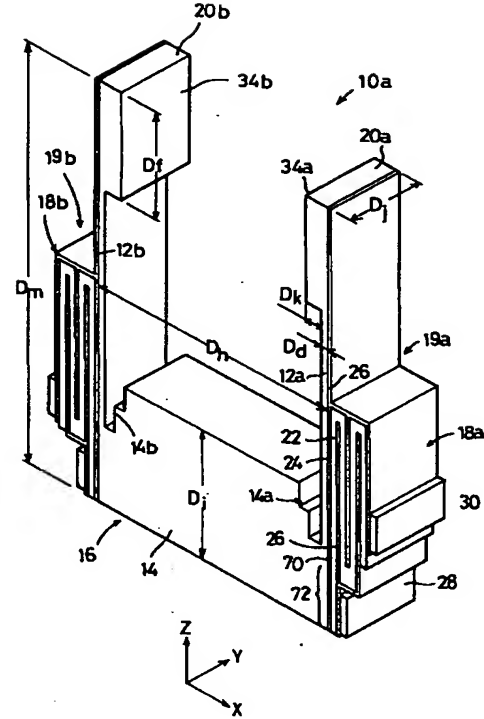




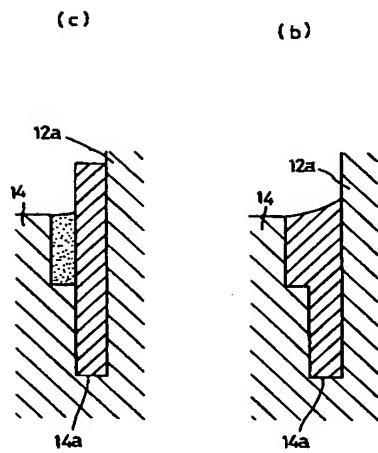
【図1】



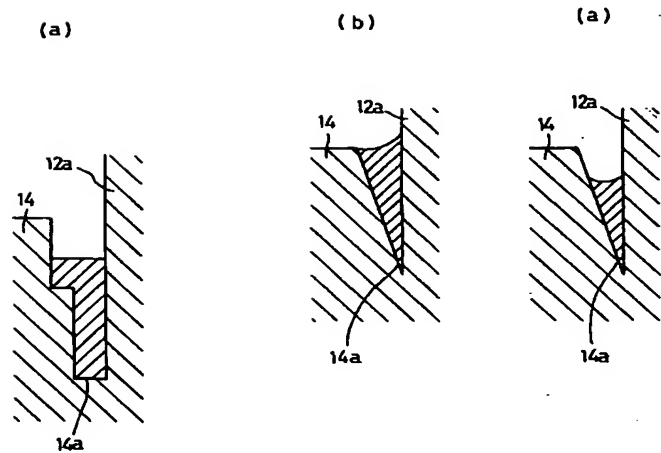
【図4】



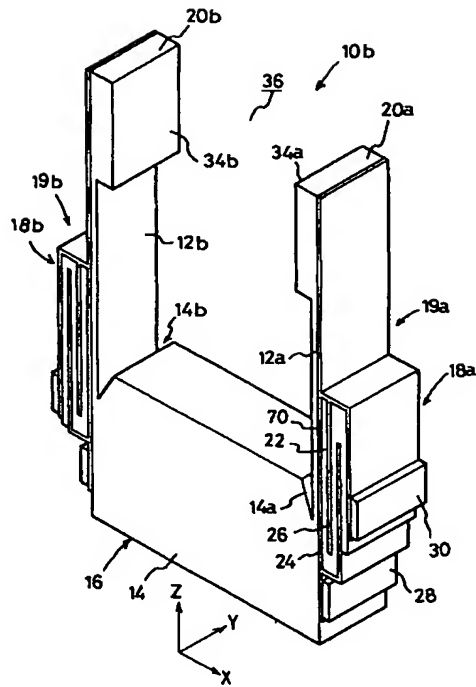
【図5】



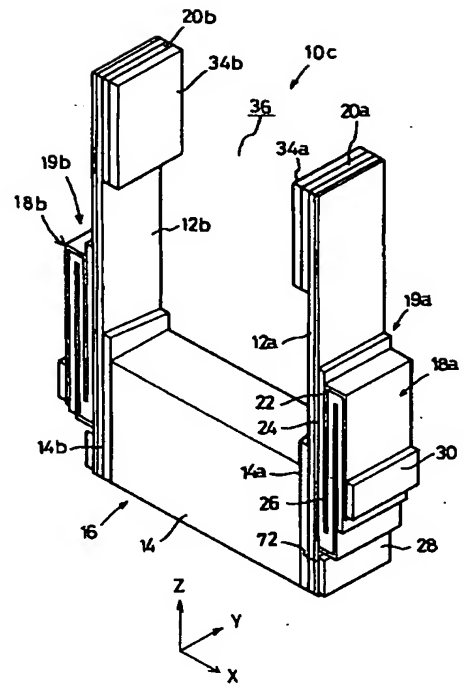
【図7】



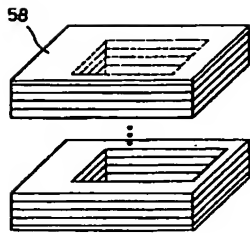
【図6】



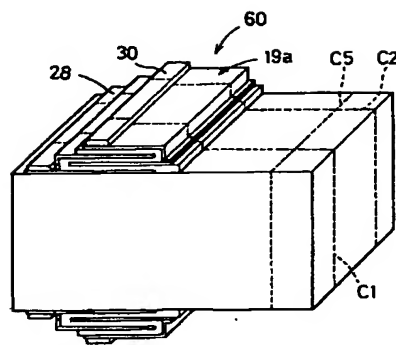
【図8】



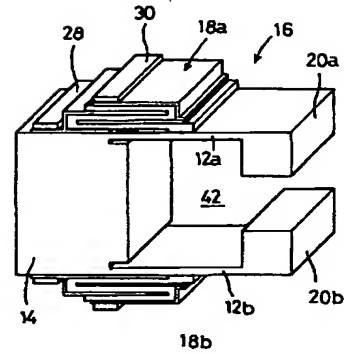
【図10】



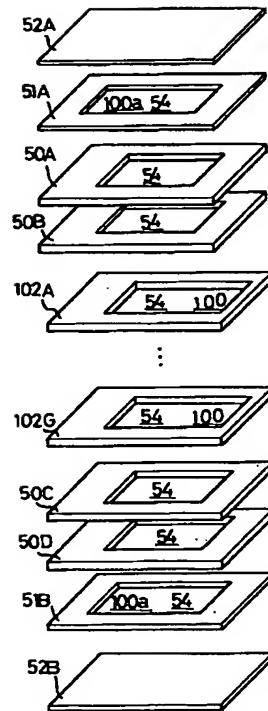
【図11】



【図12】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I  
H 0 1 L 41/22

テ-マ-ト (参考)

Z

(31)優先権主張番号 特願平11-371967  
 (32)優先日 平成11年12月27日(1999. 12. 27)  
 (33)優先権主張国 日本(J P)  
 (31)優先権主張番号 特願2000-13576(P2000-13576)  
 (32)優先日 平成12年1月21日(2000. 1. 21)  
 (33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願2000-15123(P2000-15123)  
 (32)優先日 平成12年1月24日(2000. 1. 24)  
 (33)優先権主張国 日本(J P)  
 (31)優先権主張番号 特願2000-56434(P2000-56434)  
 (32)優先日 平成12年3月1日(2000. 3. 1)  
 (33)優先権主張国 日本(J P)

(72)発明者 池田 幸司

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日  
 本碍子株式会社内

JAPANESE

[JP,2001-320099,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION  
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section are provided. It has moving part in a part for a point of the sheet metal section of said pair. Inside of the sheet metal section of said pair, The piezo-electricity / electrostriction device which is the piezo-electricity / electrostriction device with which one or more piezo-electricity / electrostriction elements have been arranged at at least one sheet metal section, and is characterized by arranging packing at least in said sheet metal section and moving part, or the opening section between said sheet metal sections and fixed parts.

[Claim 2] The piezo-electricity / electrostriction device with which packing according to claim 1 is characterized by having an adhesion operation in a field of said sheet metal section and said moving part, or said sheet metal section and said fixed part.

[Claim 3] The piezo-electricity / electrostriction device with which packing according to claim 1 or 2 is characterized by having a property of viscoelasticity.

[Claim 4] A manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that provide the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite characterized by providing the following, and a fixed part which supports these sheet metal section, have moving part in a part for a point of the sheet metal section of said pair, and one or more piezo-electricity / electrostriction elements have been arranged among the sheet metal sections of said pair at at least one sheet metal section A forming cycle for which the 1st ceramic green sheet used as said sheet metal section, the 2nd ceramic green sheet which has the 1st window part, and the 3rd ceramic green sheet which has a window part smaller than said 1st window part are prepared A production process which sandwiches the 2nd ceramic green sheet between the 1st and 3rd ceramic green sheets at least, and produces a layered product of two or more ceramic green sheets

[Claim 5] A manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that provide the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite characterized by providing the following, and a fixed part which supports these sheet metal section, have moving part in a part for a point of the sheet metal section of said pair, and one or more piezo-electricity / electrostriction elements have been arranged among the sheet metal sections of said pair at at least one sheet metal section A forming cycle for which the 1st ceramic green sheet used as said sheet metal section and the 2nd ceramic green sheet which has a window part are prepared Between the 1st ceramic green sheet and the 2nd ceramic green sheet, it is a refractory metal.

[Claim 6] The piezo-electricity / electrostriction device with which a sheet containing a refractory metal according to claim 5 is characterized by being formed by the printing fabricating method.

---

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,2001-320099,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION  
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] About piezo-electricity / electrostriction device equipped with the moving part which operates based on displacement actuation of piezo-electricity / electrostriction element or the piezo-electricity / electrostriction device which can detect the displacement of moving part by piezo-electricity / electrostriction element, and its manufacture method, in detail, this invention is excellent in reinforcement, shock resistance, and moisture resistance, and relates to the piezo-electricity / electrostriction device which can operate moving part greatly efficiently, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently, in fields, such as optics, and magnetic recording, precision processing, the displacement element which can adjust the optical path length and a location is needed to submicron order, and development of the displacement element using the displacement by the inverse piezoelectric effect and electrostrictive effect which are caused when voltage is impressed to piezo-electricity / electrostriction materials (for example, ferroelectric etc.) is furthered.

[0003] Conventionally, as such a displacement element, by preparing a pore for the material which consists of piezo-electricity / an electrostriction material, for example like JP,10-136665,A in a plate, a fixed part, moving part, and the beam section that supports these are formed in one, and the electrostrictive actuator which prepared the electrode layer in the beam section is indicated further. if voltage is impressed to an electrode layer, since the beam section expands and contracts according to an inverse piezoelectric effect or an electrostrictive effect in this electrostrictive actuator in the direction which connects a fixed part and moving part -- moving part -- the inside of the field of a plate -- setting -- an arc -- it is possible displacement or to carry out rotation displacement.

[0004] Moreover, the technology of performing highly precise positioning at a high speed is indicated, and the structure used making the bimorph of two sheets counter is shown to this official report (especially drawing 4) by by dividing the electrode of that bimorph, preparing, and choosing and driving the divided electrode about the actuator which used bimorph for JP,63-64640,A.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the actuator of these former constituted all portions with the brittle and comparatively heavy material, its mechanical strength was low and it had the trouble of being inferior to handling nature and shock resistance. Moreover, when improving the mechanical strength of these actuators, raising the reinforcement of the portion which is easy to vibrate is performed from the former. And in order to attain this, the direction which raises the rigidity of the oscillating section will be improved, basic properties, such as the resonance characteristic of the actuator itself and displacement, were affected, and there was a trouble that the adjustment became difficult.

[0006]



[Means for Solving the Problem] Based on improving the shock resistance of a force sensor indicated to Japanese Patent Application No. No. 114669 [ 11 to ] for which this invention person applied previously, Japanese Patent Application No. No. 259006 [ 11 to ], and Japanese Patent Application No. No. 259007 [ 11 to ], it hits on an idea of this invention. Furthermore, it attains against the background of becoming easy to absorb an external impact which joins an operation object to a rill formed in an inferior surface of tongue of a bridge abutment, having it in it by arranging a viscoelastic body, about a force sensor using a piezo electric crystal indicated to the U.S. application 09/No. 501162, and being able to improve the shock resistance of a diaphragm.

[0007] Then, invention which relates to claim 1 in order to raise shock resistance, making small effect of a basic property on the device itself The sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section are provided. It has moving part in a part for a point of the sheet metal section of said pair. Inside of the sheet metal section of said pair, It is the piezo-electricity / electrostriction device with which one or more piezo-electricity / electrostriction elements have been arranged at at least one sheet metal section, and they are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by arranging packing at least in said sheet metal section and moving part, or the opening section between said sheet metal sections and fixed parts. Even if the sheet metal section started big displacement by big external impact by this, stress produced near the boundary line which the sheet metal section, moving part or the sheet metal section, and a fixed part joined was distributed by packing of the opening section, conventionally, failure generated by stress concentration was lost and the shock resistance of the sheet metal section improved. Here, piezo-electricity / electrostriction device is concepts which include an element which changes electric energy and mechanical energy mutually by piezo-electricity / electrostriction element. Therefore, it is used most suitably as active elements, such as various actuators and vibrator, and a displacement element which used displacement by the reverse voltage effect or electrostrictive effect especially, and also may be suitably used as passive elements, such as an acceleration-sensor element and an impact sensor element.

[0008] Moreover, a material of packing is good with mixture of organic resin, such as adhesives, glass, organic resin, mixture of ceramics, a metal and a metal, and ceramics etc. Moreover, it may be porosity or may be the substantia compacta, as for packing, having porosity-ized is so desirable that packing is hard, and it is so desirable that whenever [ flexible ] is high to carry out eburnation. Moreover, as for a packing layer, it is desirable to have pasted up with the sheet metal section, moving part, and a fixed part, and to have spring nature or flexibility in itself. Furthermore, as for packing, it is desirable that it is a viscoelastic body, and it is because an external impact is effectively absorbed with a property of viscoelasticity. An inside of a moving part or a fixed part to which a configuration of the opening section which arranges packing counters the sheet metal section besides the Nogata configuration may be stair-like or a letter of an inclination. When carrying out the laminating of the device with a green sheet and manufacturing it, the opening section may be formed by monolayer or multilayer whichever. 0.01-0.3mm and the gap depth are set [ magnitude in a case of constituting at intervals of a monolayer ] to 0.03-1mm for gap thickness, as for / (gap depth), ten or less [ 0.01 or more ] are desirable, and three or less [ further 0.1 or more ] are still (gap thickness) more suitable for it. On the other hand, in a multilayer case, it is desirable to raise thickness of a gap according to a longitudinal direction of the sheet metal section. Gap thickness of the opening section may not point out the length of the minimum section of a gap, it is not necessary to be necessarily a uniform gap over the whole surface here, and a gap of the entrance section or a pars basilaris ossis occipitalis may be large.

[0009] Moreover, a manufacture method of the above-mentioned device possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section. It is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that have moving part in a part for a point of the sheet metal section of said pair, and one or more piezo-electricity / electrostriction elements have been arranged among the sheet metal sections of said pair at at least one sheet metal section. A forming cycle for

which the 1st ceramic green sheet used as said sheet metal section, the 2nd ceramic green sheet which has the 1st window part, and the 3rd ceramic green sheet which has a window part smaller than said 1st window part are prepared, A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by inserting the 2nd ceramic green sheet between the 1st and 3rd ceramic green sheets at least, and including a production process which produces a layered product of two or more ceramic green sheets is desirable. Moreover, the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section are provided. It is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that have moving part in a part for a point of the sheet metal section of said pair, and one or more piezo-electricity / electrostriction elements have been arranged among the sheet metal sections of said pair at at least one sheet metal section. Between a forming cycle for which the 1st ceramic green sheet used as said sheet metal section and the 2nd ceramic green sheet which has a window part are prepared, the 1st ceramic green sheet, and the 2nd ceramic green sheet A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including a production process which carries out a laminating on both sides of a sheet containing a refractory metal is also desirable. Furthermore, it is desirable that a sheet containing said refractory metal is formed by the printing fabricating method.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The gestalt which carries out the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention hereafter is explained to details. Drawing 1 is the perspective diagram of piezo-electricity / electrostriction device 10. Piezo-electricity / electrostriction device 10 possesses the base 16 with which the fixed part 14 which supports the sheet metal sections 12a and 12b of the pair which carries out phase opposite was formed in one, and piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are formed, and it is constituted by the one section each of the sheet metal sections 12a and 12b of a pair, respectively. And it has the configuration which the sheet metal sections 12a and 12b of a pair displace this piezo-electricity / electrostriction device 10 by the drive of said piezo-electricity / electrostriction element 18a, and/or 18b, or detects the displacement of the sheet metal sections 12a and 12b by piezo-electricity / electrostriction element 18a, and/or 18b. Moreover, a part for each point will be made thick toward the inner direction, and the sheet metal sections 12a and 12b of a pair will function as moving part 20a and 20b which displaces this thick section with displacement actuation of the sheet metal sections 12a and 12b. Hereafter, a part for the point of the sheet metal sections 12a and 12b of a pair is described as moving part 20a and 20b.

[0011] Along with the longitudinal direction of the sheet metal sections 12a and 12b, the opening sections 20c and 20d are formed in the boundary section which joined a part for a point and moving part 20a and 20b of the sheet metal sections 12a and 12b, and packing is prepared in the opening section. Similarly along with the longitudinal direction of the sheet metal sections 12a and 12b, the opening sections 14a and 14b are formed in the boundary section which joined the end face portion and fixed part 14 of the sheet metal sections 12a and 12b, and packing is prepared in these opening sections.

[0012] In addition, about said base 16, although the whole was constituted using the ceramics, it is good also as hybrid construction which combined what was manufactured with the material of others, the ceramics, and a metal.

[0013] Moreover, as for a base 16, it is desirable to constitute a base 16 from a ceramic layered product which could adopt the configuration of the metal integral construction unified by the structure of coming to paste up each part with adhesives, such as organic resin and glass, the ceramic integral construction which comes to unify a ceramic green layered product by baking, low attachment, soldering, eutectic bonding, or welding, and unified the ceramic green layered product by baking preferably.

[0014] Among these, since a change of state with time hardly arises from not being placed between the joints of each part by adhesives, the unification object of the ceramics can be easily manufactured with the ceramic green sheet laminated layers method which the reliability like a joint mentions later in addition to being high

and structure advantageous to rigid reservation.

[0015] And piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b will prepare piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b as an exception object as below-mentioned, and will be stuck on a base 16 by adhesives, such as organic resin and glass, low attachment, soldering, eutectic bonding, etc., and also they will be formed in said the direct base 16 instead of attachment by using the film forming method.

[0016] Piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b have piezo-electricity / electrostriction layer 22, and the electrodes 24 and 26 of the pair formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 22, and are constituted, and one electrode 24 is formed in the sheet metal sections 12a and 12b of a pair at least among the electrodes 24 and 26 of this pair.

[0017] With the gestalt of this operation, the electrodes 24 and 26 of a pair are made into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 22 list, respectively. Although the case where it considers as the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b which carry out the laminating of one electrode 24 and the electrode 26 of another side alternately, respectively so that it may become cross-section \*\*\*\* ctenidium-like and by which the portion to which one [ these ] electrode 24 and the electrode 26 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 22 in between was considered as the multistage configuration is explained to a subject You may be not only multilayer structure but monolayer structure. In this case, although especially a multilayer number is not limited, ten or less layers are five or less layers desirable still more preferably. Furthermore, it is also possible to carry out to either piezo-electricity / electrostriction element 18a or 18b, and many numbers may be changed.

[0018] Drawing 1 shows the example which made piezo-electricity / electrostriction layer 22 the three-tiered structure, formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 24 might be located in the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 12a and 12b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye, and was formed in the shape of a ctenidium so that the electrode 26 of another side might be located in the upper surface of the 1st layer, and the upper surface of the 3rd layer. Since the number of terminals 28 and 30 can be reduced in one electrode 24 list by carrying out the bond communalization of the electrode 26 comrades of another side, respectively in this configuration, enlargement of the size accompanying multilayering of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b can be suppressed.

[0019] In addition, impression of the voltage to the electrodes 24 and 26 of a pair is performed through the terminals (pad) 28 and 30 formed on the both-sides side (element forming face) of a fixed part 14 among each electrodes 24 and 26, respectively. The terminal 28 corresponding to one electrode 24 in the location of each terminals 28 and 30 is formed in the back end approach of a fixed part 14, and the terminal 30 corresponding to the electrode 26 of another side by the side of outer space is formed in the wall approach of a fixed part 14.

[0020] In this case, immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be separately performed using a field other than the field where terminals 28 and 30 have been arranged, respectively, and high reliability can be acquired as a result to the both sides of immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the electrical installation between a circuit, a terminal 28, and 30. In this configuration, electrical installation of terminals 28 and 30 and a circuit is performed by a flexible printed circuit (called FPC), a flexible flat cable (called FFC), wirebonding, etc.

[0021] Thus, while the driving force of the actuator sections 19a and 19b increases and has and about is planned very much by using the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b of multilayer structure, high resonance frequency-ization is attained and improvement in the speed of displacement actuation can attain easily because the rigidity of piezo-electricity / electrostriction device 10 the very thing increases.

[0022] In addition, what is necessary is just to decide a number of stages etc. suitably according to a use and a busy condition, in carrying out in order for power consumption to also increase in connection with it although

increase of the driving force of the actuator sections 19a and 19b is achieved if a number of stages is made [ many ]. moreover, in the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation Even if it raises the driving force of the actuator sections 19a and 19b by using piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, fundamentally Since the width of face (distance of Y shaft orientations) of the sheet metal sections 12a and 12b is eternal, For example, when applying to actuators, such as positioning of the magnetic head for hard disks used in a very narrow gap, and ringing control, it becomes a very desirable device.

[0023] Next, drawing 2 explains actuation of piezo-electricity / electrostriction device 10. first, piezo-electricity / two electrostriction element 18a -- reaching -- 18b -- the natural condition 18a and 18b, i.e., piezo-electricity / electrostriction elements, -- both -- displacement -- the case where it is not operating -- the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the medial axis of a fixed part 14 -- about -- I am doing one.

[0024] From this condition, the sine wave Wa which has the predetermined bias potential Vb is applied to the electrodes 24 and 26 of the pair in one piezo-electricity / electrostriction element 18a, and the sine wave Wb from which about about 180 degrees of phases differ is applied to the electrodes 24 and 26 of the pair in the piezo-electricity / electrostriction element 18b of another side in said sine wave Wa.

[0025] And in the phase where the voltage of maximum was impressed as opposed to the electrodes 24 and 26 of the pair in one piezo-electricity / electrostriction element 18a, the piezo-electricity / electrostriction layer 22 in one piezo-electricity / electrostriction element 18a carry out contraction displacement in the direction of a principal plane. By this, as shown in drawing 2 , as shown in an arrow head A, to one sheet metal section 12a This sheet metal section 12a since the stress of the direction sagged rightward occurs, for example, one [ this ] sheet metal section 12a It bends rightward, and since it will be in the condition that voltage is not impressed to the electrodes 24 and 26 of the pair in the piezo-electricity / electrostriction element 18b of another side, at this time, sheet metal section 12b of another side follows bending of one sheet metal section 12a, and bends rightward. Consequently, a spacing member 37 is displaced rightward as opposed to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10b in moving-part 20a and 20b list. In addition, the amount of displacement also becomes large, so that the amount of displacement changes according to the maximum of the voltage impressed to each piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, for example, maximum becomes large.

[0026] When the piezo-electricity / electrostriction material which has a high coercive electric field as a component of piezo-electricity / electrostriction layer 22 especially are applied, you may make it adjust said bias potential so that the level of the minimum value of above-mentioned sine wave Wa-Wb may turn into negative level slightly. In this case, the stress of the same direction occurs with the bending direction of one sheet metal section 12a in sheet metal section 12b of another side, and the drive of the piezo-electricity / electrostriction element (for example, piezo-electricity / electrostriction element 18b of another side) to which this negative level is impressed enables it to enlarge the amount of displacement of a spacing member 37 more at moving-part 20a and 20b list. That is, the piezo-electricity / electrostriction element 18b, or 18a to which negative level is impressed can give the function to consider as a support the piezo-electricity / electrostriction element 18a, or 18b which is the subject of displacement actuation, by using a wave which was mentioned above.

[0027] Thus, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation. In order for displacement with minute piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b to be amplified by big displacement actuation using bending of the sheet metal sections 12a and 12b and to transmit to moving part 20a and 20b, It becomes possible to carry out displacement of the moving part 20a and 20b greatly to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10b.

[0028] The clamp faces 34a and 34b which counter mutually are established in moving part 20a and 20b, and he sets up the distance Lc between clamp-face 34a and 34b by about 1.5 times the length Df of moving part

20a and 20b, and is trying to paste up one big spacing member 37 between clamp-face 34a and 34b through adhesives 38 with the gestalt of this operation especially. By in this case, the thing made for the spacing member 37 lighter than the configuration member of moving part 20a and 20b among said clamp faces 34a and 34b which counter mutually in making into an opening between the clamp faces 34a and 34b which counter mutually to intervene It becomes possible to raise resonance frequency, without being able to attain effectively lightweight-ization of moving part 20a and 20b, and reducing the amount of displacement of moving part 20a and 20b.

[0029] Here, frequency switches in alternation the voltage impressed to the electrodes 24 and 26 of a pair, and shows the frequency of the voltage waveform when carrying out displacement of the moving part 20a and 20b to right and left, and resonance frequency shows the maximum frequency which displacement actuation of moving part 20a and 20b can follow by the predetermined oscillation mode.

[0030] Moreover, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation. Since the fixed part 14 is united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list and the piezo-electricity / electrostriction material which is a brittle and comparatively heavy material do not need to constitute all portions, A mechanical strength is high, is excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and has on actuation the advantage of being hard to be influenced of a harmful vibration (for example, residual vibration and noise vibration at the time of a fast operation).

[0031] Furthermore, in the gestalt of this operation, when between the clamp faces 34a and 34b which counter mutually is made into an opening, moving-part 20a containing one clamp-face 34a and moving-part 20b containing clamp-face 34b of another side become easy to bend, and it becomes strong to deformation. Therefore, it will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device 10.

[0032] Moreover, the surface area of moving part 20a and 20b becomes large by existence of said clamp faces 34a and 34b which counter mutually. Therefore, when attaching other components in moving part 20a and 20b, the large clamp-face product can be taken and the attachment nature of components can be raised. Here, goods will paste up components not only through the principal plane (a front face and/or back) of moving part 20a and 20b but through the clamp faces 34a and 34b which counter mutually, considering the case where it fixes with adhesives etc., and components can be fixed certainly.

[0033] In the gestalt of this operation piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b Moreover, piezo-electricity / electrostriction layer 22, Since the electrodes 24 and 26 of the pair formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 22 are had and constituted and one electrode 24 was directly formed in the side of the sheet metal sections 12a and 12b at least among the electrodes 24 and 26 of a pair Vibration by piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b can be efficiently transmitted to moving part 20a and 20b through the sheet metal sections 12a and 12b, and improvement in responsibility can be aimed at.

[0034] Moreover, he is trying to form continuously from a part of fixed part 14 in the gestalt of this operation, applying [ to which the electrodes 24 and 26 of a pair lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 22 in between ] it to a part of sheet metal sections 12a and 12b (a part for the substantial mechanical component 40), as shown, for example in drawing 1 . Although there is a possibility that deformation for said substantial mechanical component [ 40 ] and deformation of the sheet metal sections 12a and 12b may conflict, and it may become impossible for displacement actuation of moving part 20a and 20b to obtain big displacement when it forms in some moving part 20a and 20b further, having applied a part for the substantial mechanical component 40 Since it forms with the gestalt of this operation so that a part for said substantial mechanical component 40 may not be applied to both moving part 20a and 20b and the fixed part 14, Un-arranging [ that displacement actuation of moving part 20a and 20b is restricted ] is avoided, and the amount of displacement of moving part 20a and 20b can be enlarged.

[0035] On the contrary, when forming piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b in some moving part 20a and 20b, it is desirable to form so that the amount of [ 40 ] said substantial mechanical component

may make it applied and located in a part of sheet metal sections 12a and 12b from some moving part 20a and 20b. This is because displacement actuation of moving part 20a and 20b will be restricted as mentioned above if a part for the substantial mechanical component 40 is formed over a part of fixed part 14.

[0036] Although the above-mentioned example showed the example which established clamp faces 34a and 34b in moving part 20a and 20b, and pasted up the spacing member 37 between them, you may make it form end faces 34a and 34b in a fixed part 14. The moving part 20a and 20b established in a part for the point of the sheet metal sections 12a and 12b of a pair in this case has the configuration connected with one, and the end faces 34a and 34b which counter a fixed part 14 mutually will be formed.

[0037] This is enabled to fix firmly piezo-electricity / electrostriction device 10c to the moving part 20a and 20b which mentioned above at a predetermined fixed portion in addition to the effect in the case of having the clamp faces 34a and 34b which counter mutually, and improvement in reliability can be aimed at. As for the length for the substantial mechanical component 40, it is desirable to carry out to 20% - 95% of the length of the sheet metal sections 12a and 12b, and it is still more desirable to consider as 40% - 80%.

[0038] Here, the configuration of packing in case the configuration of the opening section is the Nogata configuration has an operation gestalt like drawing 3. To the ability to be filled up to opening of the opening section of a rectangular parallelepiped configuration, it fills up with packing till the middle of the opening section, as for near opening, it is opened wide, and, as for drawing 3 (a), packing of the specified quantity is filled up with drawing 1 into the opening section. It is effective in arranging the end-face configuration of packing uniformly. In addition, even if the cavernous section with which packing is not filled up into the pars basilaris ossis occipitalis of the opening section is formed, stress dispersion force has little effect. On the contrary, packing is arranged to an outside [ opening / of the opening section ], and when the adhesion force of packing is weak, drawing 3 (b) can enlarge adhesion area and can enlarge the whole adhesion force. By considering as R configuration, especially the external surface of packing raises fixable and can prevent the exfoliation from an edge. Moreover, packing may be arranged in the configuration fabricated like drawing 3 (c). In this case, in addition to the physical properties of packing, the configuration of the corner between the sheet metal section, a fixed part, or moving part becomes a configuration with a stage, and the thing which is similar to the corner picking structure of a corner if it puts in another way, a size effect is added, and there is an effect which the stress concentration in root Motobe, the sheet metal section, can reduce more.

[0039] Next, the desirable example of a configuration of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained.

[0040] First, in order to make displacement actuation of moving part 20a and 20b into a positive thing, it is desirable to make or more [ of the thickness  $D_d$  of the sheet metal sections 12a and 12b ] into  $1/2$  distance  $D_g$  the amount of [ of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b / 40 ] substantial mechanical component starts a fixed part 14 or moving part 20a and 20b.

[0041] and the ratio of the distance  $D_a$  between the walls of the sheet metal sections 12a and 12b (distance of X shaft orientations), and the width of face (distance of Y shaft orientations)  $D_b$  of the sheet metal sections 12a and 12b – it constitutes so that  $D_a/D_b$  may be set to 0.5-20. Aforementioned ratio  $D_a/D_b$  is preferably set to 1-15, and is set to 1-10 still more preferably. this ratio – the default value of  $D_a/D_b$  – the displacement of moving part 20a and 20b – it is the convention based on discovery of an amount being enlarged and being able to obtain the displacement in a X-Z plane dominantly.

[0042] on the other hand -- the ratio of the length (distance of Z shaft orientations)  $D_e$  of the sheet metal sections 12a and 12b, and the distance  $D_a$  between the walls of the sheet metal sections 12a and 12b -- in  $D_e/D_a$ , it is desirable for it to be preferably referred to as 0.5-10, and to be referred to as 0.5-5 still more preferably. this ratio -- the displacement of the moving part 20a and 20b between which, as for the default value of  $D_e/D_a$ , it was placed by the spacing member 37 -- resonance frequency high [ that an amount can be enlarged ] -- displacement -- it can operate -- \*\* (a high speed of response can be attained) -- it is the

convention based on the discovery to say.

[0043] therefore, the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation -- the influence by Y shaft orientations -- displacement -- Or in order to consider as the structure of controlling vibration, and excelling in high-speed responsibility, and having big displacement by the low battery relatively a ratio --  $D_a/D_b$  -- 0.5-20 -- carrying out -- and a ratio -- setting  $D_e/D_a$  to 0.5-10 -- desirable -- further -- desirable -- a ratio --  $D_a/D_b$  -- 1-10 -- carrying out -- and a ratio -- it is setting  $D_e/D_a$  to 0.5-5.

[0044] Furthermore, it is desirable to fill up this pore 42, for example, although a pore 42 will be formed in piezo-electricity / electrostriction device 10 with both the walls of the sheet metal sections 12a and 12b of a pair, the wall of moving part 20a and 20b, the wall (and wall of adhesives 38) of a spacing member 37, and the wall of a fixed part 14, gel material, for example, silicon gel. Usually, although displacement actuation of moving part 20a and 20b will receive a limit by existence of a filler Since he is trying to attain lightweight-izing and increase-izing of the amount of displacement of moving part 20a and 20b accompanying the formation of end faces 34a and 34b to moving part 20a and 20b with the gestalt of this operation, A limit of displacement actuation of the moving part 20a and 20b by said filler is negated, and the effect by existence of a filler, i.e., a raise in resonance frequency, and rigid reservation can be realized.

[0045] Moreover, the short thing of the length (distance of Z shaft orientations)  $D_f$  of moving part 20a and 20b is desirable. It is because increase of lightweight-izing and resonance frequency is achieved by shortening. Furthermore, displacement can be raised in case goods are pinched. however -- in order to secure the rigidity of X shaft orientations of moving part 20a and 20b and to make the displacement into a positive thing -- a ratio with the thickness  $D_d$  of the sheet metal sections 12a and 12b -- it is desirable to make  $D_f/D_d$  or more into five preferably two or more.

[0046] In addition, the actual size of each part will be set to the reinforcement of the plane-of-composition product [ for installation ], and piezo-electricity / electrostriction devices, such as plane-of-composition product [ for attaching the plane-of-composition product for installation of the components to moving part 20a and 20b and a fixed part 14 in other members ], and terminal for electrodes, 10 whole, durability, and the required amount list of displacement in consideration of resonance frequency, driver voltage, etc.

[0047] 100 micrometers - 2000 micrometers are specifically desirable still more desirable, and the distance  $D_a$  between the walls of the sheet metal sections 12a and 12b is 200 micrometers - 1600 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and the width of face  $D_b$  of the sheet metal sections 12a and 12b is 100 micrometers - 500 micrometers. the thickness  $D_d$  of the sheet metal sections 12a and 12b -- the displacement to Y shaft orientations -- the influence which is a component -- in relation with the width of face  $D_b$  of the sheet metal sections 12a and 12b, it considers as  $D_b > D_d$  and 2 micrometers - 100 micrometers are 10 micrometers - 80 micrometers desirable still more preferably so that displacement can control effectively.

[0048] 200 micrometers - 3000 micrometers are desirable still more desirable, and the length  $D_e$  of the sheet metal sections 12a and 12b is 300 micrometers - 2000 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are 100 micrometers - 1000 micrometers desirable still more preferably, and the length  $D_f$  of moving part 20a and 20b is 200 micrometers - 600 micrometers more preferably.

[0049] Although the displacement of Y shaft orientations does not exceed 10% to the displacement of X shaft orientations by making it such a configuration, the extremely excellent effect that a low-battery drive is possible by adjusting suitably in the above-mentioned rate of a proportion and the range of an actual size, and the displacement component to Y shaft orientations can be controlled to 5% or less is shown. That is, moving part 20a and 20b will displace to 1 shaft orientations of X shaft orientations substantially, moreover, is excellent in high-speed responsibility, and can get big displacement by the low battery relatively.

[0050] Moreover, it sets to this piezo-electricity / electrostriction device 10. tabular [ the tabular configuration of a device is / like before ] (displacement -- the thickness of the direction which intersects perpendicularly



with a direction is small) – not but Moving part 20a and 20b and a fixed part 14 are presenting the configuration (the thickness of the direction which intersects perpendicularly in the displacement direction is large) of a rectangular parallelepiped. Since the sheet metal sections 12a and 12b of a pair are formed so that the side of moving part 20a and 20b and a fixed part 14 may continue, rigidity of Y shaft orientations of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be alternatively made high.

[0051] That is, in the piezo-electricity / electrostriction device 10 which adopts this size configuration, only actuation of the moving part 20a and 20b within a plane (inside of XZ plane) can be generated alternatively, and the actuation within YZ side of moving part 20a and 20b (the so-called actuation of the influence direction) can be controlled.

[0052] Next, each component of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained.

[0053] As moving part 20a and 20b mentioned above, it is the portion which operates based on the amount of drives of the sheet metal sections 12a and 12b, and various members are attached according to the purpose of using piezo-electricity / electrostriction device 10. For example, if it is the case where piezo-electricity / electrostriction device 10 is used as a displacement element, the shield of an optical shutter etc. will be attached, and if it is especially used for positioning and the ringing inhibition mechanism of the magnetic head of a hard disk drive, the member which needs positioning of the suspension which has the slider which has the magnetic head and the magnetic head, and a slider will be attached.

[0054] A fixed part 14 is a portion which supports moving part 20a and 20b in sheet metal section 12a and 12b list as mentioned above, for example, when using for positioning of the magnetic head of said hard disk drive, whole piezo-electricity / electrostriction device 10 are fixed to a fixed plate or a suspension attached in the carriage arm attached in VCM (voice coil motor), and this carriage arm by carrying out support immobilization of the fixed part 14. Moreover, the terminal 28 for driving piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b and the member of 30 and others may be arranged at this fixed part 14.

[0055] Although it is not limited as a material which constitutes a fixed part 14 in moving-part 20a and 20b list especially as long as it has rigidity, the ceramics which can apply the ceramic green sheet laminated layers method mentioned later can be used suitably. Although the material which uses zirconias including stabilized zirconia and partially stabilized zirconia, an alumina, a magnesia, silicon nitride, aluminum nitride, and titanium oxide as a principal component is specifically mentioned and also the material which used such mixture as the principal component is mentioned, the material with which a mechanical strength and toughness use a zirconia, especially stabilized zirconia as a principal component in a high point, and the material which uses partially stabilized zirconia as a principal component are desirable.

[0056] The sheet metal sections 12a and 12b are portions driven with the displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, as mentioned above. telescopic motion of the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b which the sheet metal sections 12a and 12b are the members of the shape of sheet metal which has flexibility, and were arranged in the surface – displacement – crookedness – it amplifies as displacement and has the function transmitted to moving part 20a and 20b. Therefore, if the configuration and the quality of the material of the sheet metal sections 12a and 12b have flexibility and have the mechanical strength of the degree which is not damaged by flexion deformity, it is sufficient for them, and they can be suitably chosen in consideration of the responsibility of moving part 20a and 20b, and operability.

[0057] As for the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b, it is desirable to be referred to as 2 micrometers - about 100 micrometers, and it is [ the thickness which doubled the sheet metal sections 12a and 12b, and the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b ] desirable to be referred to as 7 micrometers - 500 micrometers. As for the thickness of 0.1 micrometers - 50 micrometers, and the piezo-electricity / electrostriction layer 22, it is [ the thickness of electrodes 24 and 26 ] desirable to be referred to as 3 micrometers - 300 micrometers.

[0058] By the ability using suitably the same ceramics as moving part 20a and 20b or a fixed part 14 as a material which constitutes the sheet metal sections 12a and 12b, even if a zirconia, the material which uses stabilized zirconia as a principal component especially, and the material which uses partially stabilized zirconia as a principal component are thin meat, it is most suitably used from that a mechanical strength is large, that toughness is high, and reactivity with piezo-electricity / electrostriction layer, or electrode material being small.

[0059] That by which partial stabilization was carried out as follows in partially stabilized zirconia in the stabilization list at said stabilized zirconia list is desirable. That is, the stabilization of a zirconia made into the purpose is [ add / not only addition of one kind of compound but / yttrium oxide, ytterbium oxide, cerium oxide, a calcium oxide, and a magnesium oxide being in a stabilization list as a compound which carries out partial stabilization, and adding one of compounds / them / and making a zirconia contain at least, or / combining these compounds ] possible.

[0060] In addition, as an addition of each compound, if it is in the case of yttrium oxide or ytterbium oxide 1-30-mol % -- preferably, if it is in the case of 1.5-10-mol % and cerium oxide 6-50-mol % -- preferably, if it is in the case of 8-20-mol % and a calcium oxide, or a magnesium oxide Although it is desirable % and to 5-40-mol consider as 5-20-mol % preferably, also especially in it, it is desirable to use yttrium oxide as a stabilizing agent, and it is desirable % and to 1.5-10-mol consider as 2-4-mol % still more preferably in that case. Moreover, although it is possible to add an alumina, a silica, a transition-metals oxide, etc. in 0.05 - 20wt% as additives, such as sintering acid, when adopting the baking unification by the film forming method as the formation technique of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, it is also desirable to add an alumina, a magnesia, a transition-metals oxide, etc. as an additive.

[0061] In addition, it is desirable to set preferably 0.05-3 micrometers of average crystal particle diameter of a zirconia to 0.05-1 micrometer so that a mechanical strength and the stable crystal phase may be obtained. Moreover, although the same ceramics as a fixed part 14 can be used for moving-part 20a and 20b list about the sheet metal sections 12a and 12b as mentioned above, constituting preferably using the same material substantially is advantageous when aiming at reduction of the reliability for a joint, the reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the complicatedness of manufacture.

[0062] Although piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b have the electrodes 24 and 26 of the pair for applying electric field to piezo-electricity / electrostriction layer 22, and this the piezo-electricity / electrostriction layer 22 at least and piezo-electricity / electrostriction elements, such as a uni-morph mold and a bimorph mold, can be used for them It excels in the stability of the amount of displacement to generate, and since it is advantageous to lightweight-izing, the direction of the uni-morph mold combined with the sheet metal sections 12a and 12b is suitable for such piezo-electricity / an electrostriction device 10.

[0063] Said piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b have the desirable direction formed in the side of the sheet metal sections 12a and 12b at the point that the sheet metal sections 12a and 12b can be made to drive more greatly, as shown in drawing 1 .

[0064] Although electrostrictive ceramics is suitably used for piezo-electricity / electrostriction layer 22, it is also possible to use the electrostriction ceramics, the ferroelectric ceramics, or the antiferroelectric crystal ceramics. However, since linearity with the amount of displacement of moving part 20a and 20b, driver voltage, or output voltage is made important when using this piezo-electricity / electrostriction device 10 for positioning of the magnetic head of a hard disk drive etc., it is desirable to use the small material of distortion hysteresis, and it is desirable that a coercive electric field uses a material 10kV [/mm ] or less.

[0065] The ceramics which is independent or contains lead zirconate, lead titanate, magnesium niobic acid lead, nickel niobic acid lead, zinc niobic acid lead, manganese niobic acid lead, antimony stannic-acid lead, a manganese lead wolframate, cobalt niobic acid lead, barium titanate, a titanac-acid sodium bismuth, niobic acid potassium sodium, a tantalic acid strontium bismuth, etc. as mixture as a concrete material is mentioned.

[0066] Especially, it has a high electromechanical coupling coefficient and a high piezoelectric constant, and reactivity with the sheet metal sections 12a and 12b at the time of sintering of piezo-electricity / electrostriction layer 22 (ceramics) is small, and the material which uses lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead as a principal component, or the material which uses a titanate acid sodium bismuth as a principal component is suitably used in the point that the thing of the stable presentation is obtained.

[0067] Furthermore, the ceramics which is independent or mixed oxides, such as a lanthanum, calcium, strontium, molybdenum, a tungsten, barium, niobium, zinc, nickel, manganese, a cerium, cadmium, chromium, cobalt, antimony, iron, an yttrium, a tantalum, a lithium, a bismuth, and tin, etc. into said material may be used.

[0068] For example, an advantage, like adjustment of a coercive electric field and a piezo-electric property is attained can be acquired by making the lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead which are a principal component contain a lanthanum and strontium.

[0069] In addition, as for addition of materials which are easy to vitrify, such as a silica, avoiding is desirable. It is because materials, such as a silica, tend to react with piezo-electricity / electrostriction material at the time of heat treatment of piezo-electricity / electrostriction layer 22, the presentation is fluctuated and a piezo-electric property is degraded.

[0070] On the other hand, the electrodes 24 and 26 of the pair of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are a solid-state at a room temperature and it is desirable to consist of metals excellent in conductivity. For example, aluminum, titanium, chromium, iron, cobalt, nickel, copper, Zinc, niobium, molybdenum, a ruthenium, palladium, a rhodium, silver, Metal simple substances, such as tin, a tantalum, a tungsten, iridium, platinum, gold, and lead, or these alloys are used, and the cermet material which made these distribute further a material which is the same or is different from piezo-electricity / electrostriction layer 22, or the sheet metal sections 12a and 12b may be used.

[0071] It opts for the material selection of the electrodes 24 and 26 in piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b depending on the formation method of piezo-electricity / electrostriction layer 22. For example, when forming piezo-electricity / electrostriction layer 22 by baking on one [ this ] electrode 24 after forming one electrode 24 on sheet metal section 12a and 12b Although it is necessary to use refractory metals, such as platinum which does not change in the burning temperature of piezo-electricity / electrostriction layer 22, palladium, a platinum-palladium alloy, and a silver-palladium alloy, for one electrode 24 After forming piezo-electricity / electrostriction layer 22, since the electrode 26 of another side of the outermost layer formed on this piezo-electricity / electrostriction layer 22 can perform electrode formation at low temperature, low melting point metals, such as aluminum, gold, and silver, can be used for it as a principal component.

[0072] Moreover, as for the thickness of electrodes 24 and 26, it is desirable to use materials, such as the organic metal paste with which a precise and thinner film is obtained after baking, for example, a golden resinate paste, a platinum resinate paste, and a silver resinate paste, for the electrode in which the factor which reduces the displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b not a little is formed after baking of a sake, especially the piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0073] It is good, although the above-mentioned example showed the case where thickness of moving part 20a and 20b formed in a part for the point of the sheet metal sections 12a and 12b at one was made thicker than the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b, in addition even if almost the same as the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b in the thickness of moving part 20a and 20b. Thereby, when attaching goods in moving part 20a and 20b, it becomes possible to attach so that the goods of the magnitude equivalent to the distance between sheet metal section 12a and 12b may be put between moving part 20a and 20b. In this case, the adhesives field (for example, adhesives 38) for attaching goods will

correspond to moving part 20a and 20b.

[0074] And piezo-electricity / electrostriction device 10 can be used suitable for various sensors, such as an ultrasonic sensor, an acceleration sensor and an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor, and has the further advantage that sensitivity settling of a sensor can be performed easily, by adjusting suitably the size of the body attached between end faces 34a and 34b thru/or sheet metal section 12a, and 12b.

[0075] Next, it explains, referring to below drawing 4 about the case where end faces 34a and 34b are included as a mode desirable about the piezo-electricity / electrostriction device 10 applied to the 2nd - the 4th modification as a gestalt of desirable operation of this invention. Therefore, this invention is not cared about even if it is the operation gestalt which does not contain end faces 34a and 34b.

[0076] First, although the piezo-electricity / electrostriction device 10a concerning the 2nd modification have the almost same configuration as the piezo-electricity / electrostriction device 10 explained until now as shown in drawing 4 , the configurations of the opening section and packing etc. differ in respect of the following. The opening sections 14a and 14b have structure with a stage, and the channel depth is deep, so that it is close to the sheet metal section. The stress concentration generated in a boundary line with the sheet metal section, moving part, and a fixed part can be distributed more effectively by this, the opening part where width of face is large can contribute to an impact absorption greatly, and stress concentration can be distributed efficiently. It is formed mostly continuously, especially covering [ of another side located in the inferior surface of tongue of the 1st layer / 26 ] it over each side of the sheet metal sections 12a and 12b, moving part 20a and 20b, and a fixed part 14, and further, it is detached in part in the side of a fixed part 14, and constitutes the slit 70. The meaning which formed this slit 70 does not make the actuator in the back end section 72 (portion from the back end side edge section of a slit 70 to the back end of a fixed part 14) of \*\*:piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b drive, \*\*: it is making a short circuit hard to produce at the edge of one terminal 28, and arranging an electrode material on the inferior surface of tongue of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 in the back end section of \*\*:piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b. In addition, in the case which is not desirable on the contrary, forming a slit 70 does not necessarily need to form a slit 70, and it may omit it. Moreover, drawing 5 shows the configuration of packing with which the opening section is filled up, it fills up with packing till the middle of the opening section, and near opening is wide opened for drawing 5 (a). In addition, even if the cavernous section with which packing is not filled up into the pars basilaris ossis occipitalis of the opening section is formed, stress dispersion force has little effect. On the contrary, packing is arranged to an outside [ opening / of the opening section ], and when the adhesion force of packing is weak, drawing 5 (b) can enlarge adhesion area and can enlarge the whole adhesion force. By considering as R configuration, especially the external surface of packing raises fixable and can prevent the exfoliation from an edge. Drawing 5 (c) changes the quality of the material of packing for each class which forms the opening section. It is desirable to consider as the combination which chooses suitably physical properties, such as an elastic modulus and porosity, the adhesion force to a component, etc. further, and discovers the effect of stress distribution.

[0077] Next, the opening section of drawing 6 becomes the multistage story of infinity to the depth of the opening section being two steps by drawing 4 , as for the piezo-electricity / electrostriction device 10b concerning the 3rd modification, and it is the structure of a slanting configuration. The stress concentration generated in a boundary line with the sheet metal section, moving part, and a fixed part can be distributed more effectively by this, the opening part where width of face is large can contribute to an impact absorption greatly, and stress concentration can be distributed efficiently. Moreover, drawing 7 shows the configuration of packing with which the opening section is filled up, it fills up with packing till the middle of the opening section, and near opening is wide opened for drawing 7 (a). In addition, even if the cavernous section with which packing is not filled up into the pars basilaris ossis occipitalis of the opening section is formed, stress

dispersion force has little effect. On the contrary, packing is arranged to an outside [ opening / of the opening section ], and when the adhesion force of packing is weak, drawing 7 (b) can enlarge adhesion area and can enlarge the whole adhesion force. By considering as R configuration, especially the external surface of packing raises fixable and can prevent the exfoliation from an edge.

[0078] Furthermore, the piezo-electricity / electrostriction device 10c concerning the 4th modification are arranged by thickness with almost uniform packing at the sheet metal section, moving part, and the opening section between fixed parts, as shown in drawing 8 . As for such packing, it is desirable to form in to really form the sheet metal section, moving part, and a fixed part with a ceramic and coincidence, and it is desirable that they are a refractory metal or a refractory metal, and the mixture of a ceramic.

[0079] Next, the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device 10 is explained, referring to drawing 9 - drawing 12 . Piezo-electricity / electrostriction device 10 uses the component of each part material as the ceramics. As a component of piezo-electricity / electrostriction device 10 The base 12a and 16 12b except piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, i.e., the sheet metal sections, It is desirable to use and manufacture a ceramic green sheet laminated layers method about moving part 20a and 20b in fixed part 14 list, and, on the other hand, it makes the start piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b. About each terminals 28 and 30, it is desirable to manufacture using the film formation technique, such as a thin film and a thick film.

[0080] According to the ceramic green sheet laminated layers method which can fabricate each part material in the base 16 of piezo-electricity / electrostriction device 10 in one, since the change of state of the joint of each part material with time hardly arises, the reliability like a joint is a high and method advantageous to rigid reservation.

[0081] since [ moreover, ] the manufacture method shown below is excellent in productivity or a moldability -- the piezo-electricity / electrostriction device 10 of a predetermined configuration -- a short time -- and it can obtain with sufficient repeatability.

[0082] The 1st manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concretely applied to the gestalt of this operation is explained. Here, the definition is carried out. The layered product obtained by carrying out the laminating of the ceramic green sheet is defined as the ceramic green layered product 58 (for example, refer to drawing 10 ). What calcinated this ceramic green layered product 58, and was unified is defined as the ceramic layered product 60 (for example, refer to drawing 11 ). The thing which excises an unnecessary portion from this ceramic layered product 60 and by which the fixed part 14 was united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list is defined as the ceramic base 16 (refer to drawing 12 ).

[0083] Moreover, in this manufacture method, it is the gestalt which has arranged two or more piezo-electricity / electrostriction devices 10 in the lengthwise direction and the longitudinal direction in the same substrate, respectively, and, finally the ceramic layered product 60 is cut per chip, and although many piezo-electricity / electrostriction devices 10 are taken and are carried out at the same production process, in order to simplify explanation, it explains by making one - piece picking of piezo-electricity / electrostriction device 10 into a subject.

[0084] First, addition mixing of a binder, a solvent, a dispersant, the plasticizer, etc. is carried out at ceramic powder, such as a zirconia, a slurry is produced, and the ceramic green sheet which has predetermined thickness for this by methods, such as the reverse roll coater method and a doctor blade method, after degassing processing is produced.

[0085] Next, by methods using metal mold, such as blanking and laser beam machining, a ceramic green sheet is processed into the various configurations and thickness like drawing 9 , and the ceramic green sheet for base formation of two or more sheets is obtained.

[0086] These ceramic green sheets 50A-50D, 51A, and 51B, 52A and 52B The ceramic green sheets 50A-

50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b at least was formed, The ceramic green sheets 102A-102G of two or more sheets (for example, seven sheets) with which continuation formation of the window part 100 for forming the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was carried out, Window part 100a used as the opening sections 14a and 14b prepares the ceramic green sheets 51A and 51B of two or more sheets (for example, two sheets) by which continuation formation was carried out, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 12a and 12b behind.

[0087] Then, as are shown in drawing 10 , and 102A-102G are put between the ceramic green sheets 50A-50D and ceramic green sheet 51A - 51B list with the ceramic green sheets 52A and 52B, the laminating and sticking by pressure of 102A-102G are done, and it considers as the ceramic green layered product 58 at these ceramic green sheets 50A-50D, 51A, 51B and 52A, and 52B list. In this laminating, the ceramic green sheets 102A-102G are located in the center, and carry out a laminating. Since the part which does not require a pressure at the time of sticking by pressure occurs by existence of window part 100,100a at this time, a laminating, the sequence of sticking by pressure, etc. are changed and it is necessary to make it such a part not generated. Then, the ceramic green layered product 58 is calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 11 ) is obtained.

[0088] In addition, the count of sticking by pressure or sequence for laminating unification are not limited. It can be decided suitably that desired structure is acquired by the configuration of a window part 54, the number of sheets of a ceramic green sheet, etc., corresponding to structure.

[0089] Not all the configurations of a window part 54 need to be the same, and can be determined according to a desired function. Moreover, the number of sheets of a ceramic green sheet and especially the thickness of each ceramic green sheet are not limited, either.

[0090] Sticking by pressure can raise laminating nature more by applying heat. Moreover, the laminating nature of a ceramic green sheet interface can be raised by applying and printing a paste, a slurry, etc. which made the subject ceramic powder (desirable in respect of the same as that of the ceramics used for the ceramic green sheet, or the reliability reservation by it being a similar presentation), and a binder on a ceramic green sheet, and considering as a cementation auxiliary layer. In addition, it is desirable to deal with it using the polyethylene terephthalate film with which the ceramic green sheets 52A and 52B coated the surface with the release agent of a silicone system also in plastic film when thin.

[0091] Next, as shown in drawing 11 , piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are formed in both the surfaces of said ceramic layered product 60, i.e., the surface on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the surface by which the laminating was carried out, respectively. As a method of forming piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, the thin film forming methods, such as the thick-film forming methods, such as screen printing, a dipping method, the applying method, and an electrophoresis method, the ion beam method and the sputtering method, vacuum deposition, the ion plating method, a chemical-vapor-deposition method (CVD), and plating, can be used.

[0092] Integration can be made easy, while being able to join and arrange piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, and the sheet metal sections 12a and 12b in one and being able to secure reliability and repeatability, without using adhesives by forming piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b using such a film forming method.

[0093] In this case, it is desirable to form piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b by the thick-film forming method. It is because good piezo-electricity / electrostriction property can be acquired by being able to film-ize the particle of 0.05-3-micrometer electrostrictive ceramics, and powder the mean particle diameter of 0.01-5 micrometers using the paste used as a principal component, a slurry or a suspension, an

emulsion, a sol, etc. preferably, and calcinating it if the thick-film forming method is especially used in formation of piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0094] In addition, an electrophoresis method has the advantage that it is high density and a film can be formed in a high configuration precision. Moreover, since film formation and pattern formation are made as for screen printing to coincidence, it is advantageous to simplification of a manufacturing process.

[0095] Concretely, formation of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b is explained. First, the ceramic green layered product 58 is calcinated at the temperature of 1200 degrees C - 1600 degrees C. After unifying and obtaining the ceramic layered product 60, one [ of the sheet metal sections 12a and 12b ] 1st electrode 24 is printed and calcinated in the predetermined location of both the surfaces of this ceramic layered product 60. Subsequently Print and calcinate piezo-electricity / electrostriction layer 22, and one [ said ] 1st electrode 24 and the electrode 26 of another side which makes a pair are printed further. It calcinates, and these are repeated the number of predetermined times (when piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b consist of multilayer piezo-electricity / electrostriction layer 22), and piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are formed. Then, the terminals 28 and 30 for connecting each electrodes 24 and 26 to a drive circuit electrically are printed and calcinated.

[0096] Moreover, one [ of the lowest layer ] 1st electrode 24 is printed and calcinated, piezo-electricity / electrostriction layer 22, one 1st electrode 24, and the electrode 26 of the 1st another side which makes a pair are printed and calcinated, only the count of predetermined may repeat printing and baking in this unit, and piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b may be formed.

[0097] here -- as one electrode 24 -- as platinum (Pt) piezo-electricity / electrostriction layer 22 -- as PZT (PZT) and the electrode 26 of another side -- gold (Au) -- further -- as terminals 28 and 30 -- silver (Ag) -- as -- If a material is selected so that the burning temperature of each part material may become low according to the order of a laminating, in a certain baking phase, resintering of the material calcinated from it before does not happen, but generating of the fault of exfoliation and condensation of electrode material etc. can be avoided.

[0098] In addition, by choosing a suitable material, each part material and terminals 28 and 30 of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are printed serially, really calcinating at once is also possible, and after forming the piezo-electricity / electrostriction layer 22 of the outermost layer, the electrode 26 grade of the outermost layer can also be prepared at low temperature.

[0099] Moreover, each part material and terminals 28 and 30 of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b may be formed by the thin film forming methods, such as a spatter and vacuum deposition, and do not necessarily need heat treatment in this case.

[0100] In formation of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are beforehand formed in both the surfaces of the ceramic green layered product 58, i.e., each surface of the ceramic green sheets 52A and 52B, and calcinating this ceramic green layered product 58, and the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b to coincidence is also performed preferably. If in charge of coincidence baking, it may be made to calcinate to all the configuration films of the ceramic green layered product 58, and the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, and coincidence baking of one electrode 24 and ceramic green layered product 58 is carried out, or the method of carrying out coincidence baking of other configuration films and ceramic green layered products 58 except the electrode 26 of another side etc. is mentioned.

[0101] As a method of carrying out coincidence baking of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b, and the ceramic green layered product 58 The precursor of piezo-electricity / electrostriction layer 22 is fabricated by the tape-forming method using a slurry raw material etc. The laminating of the precursor of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 before this baking is carried out by thermocompression bonding etc. on the surface of the ceramic green layered product 58, and the method of calcinating to coincidence and



producing moving part 20a and 20b, the sheet metal sections 12a and 12b, the piezo-electricity / electrostriction layer 22, and a fixed part 14 to coincidence is mentioned. However, it is necessary to form an electrode 24 in the surface of the ceramic green layered product 58, and/or the piezo-electricity / electrostriction layer 22 beforehand by this method using the film forming method mentioned above.

[0102] As the other methods, the electrodes 24 and 26, and the piezo-electricity / electrostriction layer 22 which is each configuration layer of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b is formed in the portion of the ceramic green layered product 58 which finally serves as the sheet metal sections 12a and 12b at least by screen-stencil, and calcinating to coincidence is mentioned.

[0103] Although the burning temperature of the configuration film of piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b is suitably determined by the material which constitutes this, generally, it is 500 degrees C - 1500 degrees C, and is 1000 degrees C - 1400 degrees C preferably to piezo-electricity / electrostriction layer 22. In this case, in order to control the presentation of piezo-electricity / electrostriction layer 22, it is desirable to sinter under existence of the evaporation source of the material of piezo-electricity / electrostriction layer 22. In addition, to carry out coincidence baking of piezo-electricity / electrostriction layer 22, and the ceramic green layered product 58, it is required to double both baking conditions. that by which piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b are not necessarily formed in both sides of the ceramic layered product 60 or the ceramic green layered product 58 – it is not – one side – it is easy to be natural.

[0104] Next, the flank and point of the ceramic layered product 60 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b were formed. By this excision, as shown in drawing 12, the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b were formed in the ceramic base 16, and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was formed are obtained. After cutting the timing of cutting along with cutting plane lines C1 and C2, it may be cut along with a cutting plane line C5, and after cutting along with a cutting plane line C5, it may be cut along with cutting plane lines C1 and C2. Of course, it may be made to perform these cutting to coincidence. Moreover, you may make it also cut suitably the end face of a cutting plane line C5 and the fixed part 14 which counters in the case of controlling the overall length of piezo-electricity / electrostriction device to a precision etc.

[0105] In this manufacture method, at the same time it excised the unnecessary portion from the ceramic layered product 60 Since the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b were formed in the ceramic base 16, and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was formed can be obtained, While being able to attain simplification of a manufacturing process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised. In this case, it is desirable, especially in case two or more piezo-electricity / electrostriction devices 10 are arranged in a lengthwise direction and a longitudinal direction, respectively, and a large number are taken and it carries out at the same production process into the same substrate. As the method of excision, it is possible to apply laser beam machining and electron beam machining of dicing processing, wire saw processing, etc., such as an YAG laser besides machining and excimer laser.

[0106] Moreover, it will be processed into logging of the ceramic base 16 combining these processing methods. For example, as for cutting plane lines C1 and C2 (refer to drawing 11), it is desirable to consider as wire saw processing and to consider the end face of the fixed part 14 which intersects perpendicularly with cutting plane lines C1 and C2, and moving part 20a and 20b as dicing processing.

[0107] By the way, it sets to the manufacture method of of above-mentioned piezo-electricity / electrostriction device 10. Since he is trying to really form piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b on sheet metal section 12a and 12b by baking, In the contraction of piezo-electricity / electrostriction layer 22 and the electrodes 24 and 26 of a pair which are produced at the time of baking, and piezo-electricity / electrostriction

layer 22 list, by the difference in coefficient of thermal expansion with the sheet metal sections 12a and 12b etc. In sheet metal section 12a and 12b list, for example, piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b It displaces slightly so that it may become a convex toward a pore 42, and it will be in the condition that distortion arose geometrically, and will become easy to generate internal residual stress in piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b (especially piezo-electricity / electrostriction layer 22), or the sheet metal sections 12a and 12b.

[0108] Generating of the internal residual stress in these sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22 is produced also when really which was mentioned above sticking the piezo-electricity / electrostriction elements 18a and 18b of another object on the sheet metal sections 12a and 12b besides baking with adhesives. That is, in case adhesives are fixed or hardened, internal residual stress will occur by hardening contraction of adhesives etc. in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22. Furthermore, when heating is required, internal residual stress becomes the immobilization or hardening with a big thing.

[0109] If piezo-electricity / electrostriction device 10 is used in this condition, even if it gives predetermined electric field to piezo-electricity / electrostriction layer 22, desired displacement may not be shown in moving part 20a and 20b. This is because the material property of piezo-electricity / electrostriction layer 22 and displacement actuation of moving part 20a and 20b are checked by the internal residual stress generated in said sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0110] Then, he is trying to excise the circumference of moving part 20a and 20b by this manufacture method after piezo-electricity / electrostriction element 18a, and 18b formation. Although the end faces 34a and 34b which counter mutually are formed in moving part 20a and 20b of this excision, with the internal residual stress generated in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22, it moves in the direction in which these end faces 34a and 34b approach mutually, and the width of face of each end faces 34a and 34b after migration turns into the 2nd short predetermined width of face W2 from said predetermined width of face W1. If it explains in full detail more, if the 2nd predetermined width of face W2 is strictly parallel, there will be nothing and the direction of a tip will become shorter.

[0111] Migration of these end faces 34a and 34b is followed on release of the internal residual stress generated in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22. Where internal residual stress is released, when piezo-electricity / electrostriction device 10 is used, moving part 20a and 20b will show the displacement actuation as layout mostly, and will show a good device property. This effect will excise a part of portion used as a fixed part 14, and the internal residual stress which is the same when the end faces 34a and 34b which counter a fixed part 14 mutually are formed, and had been generated in this case in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22 will be released by migration of the end faces 34a and 34b which were formed in the fixed part 14 and which counter mutually. In addition, about the end faces 34a and 34b which counter, the same effect is not necessarily acquired not only a part for the core of moving part 20a and 20b or a fixed part 14 but by forming the portion which swerved from the center.

[0112] It is desirable to heat-treat at 300 degrees C - 800 degrees C after excision in excision shown in drawing 11 . This is because said defect can be removed and reliability improves by said heat treatment, although it is easy to produce defects, such as a micro crack, in piezo-electricity / electrostriction device 10 by processing. Furthermore, it is desirable to leave it at the temperature of about 80 degrees C after said heat treatment for about at least 10 hours, and to perform aging processing. It is because the stress of the carrier beam versatility in a manufacture process etc. can be eased further and it contributes to improvement in a property by this aging processing.

[0113]

[Effect of the Invention] According to this invention concerning claim 1, at least as explained above Said sheet

metal section and moving part Or when the opening section which has arranged packing exists between said sheet metal sections and fixed parts Even if the sheet metal section starts big displacement by the big external impact, the stress produced near the boundary line which the sheet metal section, moving part or the sheet metal section, and a fixed part joined is distributed by the opening section. Conventionally, the failure generated by stress concentration was able to be lost, effect of the basic property on piezo-electricity / electrostriction device was able to be made small, and the shock resistance of the sheet metal section was able to be raised.

---

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,2001-320099,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION  
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective diagram of piezo-electricity / electrostriction device.

[Drawing 2] It is explanatory drawing showing actuation of piezo-electricity / electrostriction device.

[Drawing 3] It is explanatory drawing showing other configurations of packing with which the opening section is filled up.

[Drawing 4] It is the perspective diagram of piezo-electricity / electrostriction device which has other opening sections.

[Drawing 5] It is explanatory drawing showing other configurations of packing shown in drawing 4 .

[Drawing 6] It is the perspective diagram of piezo-electricity / electrostriction device which has other opening sections.

[Drawing 7] It is explanatory drawing showing other configurations of packing shown in drawing 6 .

[Drawing 8] It is the perspective diagram of piezo-electricity / electrostriction device which has other opening sections.

[Drawing 9] It is explanatory drawing of each green sheet which carries out a laminating.

[Drawing 10] It is explanatory drawing which carried out the laminating of the green sheet of drawing 9 .

[Drawing 11] It is explanatory drawing in which forming a piezo-electric layer in and showing \*\*\* before excision. .

[Drawing 12] It is explanatory drawing of the piezo-electricity / electrostriction device after excision.

## [Description of Notations]

10 .. piezo-electricity / electrostriction device, and 11 and 11a .., 11b, .., 12, and 12a -- 12b [ .. Base, ] .. The sheet metal section, 14 .. A fixed part, 14a, 14b .. The opening section, 16 18a, 18b .. Piezo-electricity / electrostriction element, 19a, 19b .. Piezo-electricity / electrostriction layer, 20a, 20b .. Moving part, 20c, 20d .. The opening section, 22 .. Piezo-electricity / electrostriction layer, 24 26 .. 28 An electrode, 30 .. A terminal, 34a, 34b .. Clamp face, 36 .. An opening, 37 .. A spacing member, 38/and adhesives, 40 .. A part for a substantial mechanical component, 42 [ .. A ceramic green layered product 60 / .. A ceramic layered product, C1, C2, C5 / .. Cutting plane line. ] .. A pore, 50A-50G, 51A, 51B, 52A, 52B, 102A-102G .. A ceramic green sheet, 54,100,100a .. A window part, 58

---

[Translation done.]